



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Efecto del almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas de zapallo (*Cucúrbita moschata* Duch Var. Bolo verde) fresco y mínimamente procesado**

**Jennyfer Álvarez Gómez**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería y Administración-Posgrados  
Palmira, Colombia  
2019

# **Efecto del almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas de zapallo (*Cucúrbita moschata* Duch Var. Bolo verde) fresco y mínimamente procesado**

**Jennyfer Álvarez Gómez**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Magíster en Ingeniería Agroindustrial**

Director (a):

Ph.D, Luis Eduardo Ordóñez Santos

Codirector (a):

Ph.D, Margarita María Andrade Mahecha

Línea de investigación:

Agroindustria de productos alimentarios

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación en procesos Agroindustriales - GIPA

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Administración-Posgrados

Palmira, Colombia

2019

(Lema)

*“Haz sólo lo que amas y serás feliz. El que hace lo que ama, está benditamente condenado al éxito, que llegará cuando deba llegar, porque lo que debe ser, será y, llegará naturalmente”*

*–Facundo Cabral–*

## Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional de Colombia por ofrecer programas de posgrado como este y que los estándares académicos y de conocimiento cumplieron con mis expectativas tanto a nivel personal como profesional. Al grupo de Investigación de Procesos Agroindustriales GIPA. Al proyecto de regalías “Desarrollo de un sistema agroindustrial rural competitivo en una Bioregión del Valle del Cauca” por su financiación. A cada uno de los coordinadores y auxiliares de laboratorio que muy amablemente prestaron sus servicios. A cada una de las áreas administrativas por las cuales tuve que pasar en mis procesos de vinculación y los cuales de forma eficiente me prestaron su servicio. Agradezco a mi director y docente de cátedra, Luis Eduardo Ordóñez Santos y a mi codirectora la docente Margarita María Andrade Mahecha, quien con su conocimiento me guiaron en mi proceso de formación como investigadora y profesional. A cada uno de mis compañeros de la maestría y a los que pasaron por mi proceso y estadía en esta institución. A cada uno de los docentes que de una u otra manera estuvieron en mi construcción y culminación en este reto que inicié. Por último agradezco a Dios y su infinita paciencia y bondad que tuvo para aportarme las herramientas y virtudes que me hacían falta y las cuales adquirí; a mi familia y amigos, quienes me acompañaron en todo este proceso, brindándome fuerza, apoyo y los cuales muchas veces se sacrificaron por mí. También a cada instalación y ambiente de fauna que existe en la Sede de Palmira los cuales me ayudaron a inspirar mientras realizaba los experimentos Y redactaba mi documento de investigación.

## Resumen

La ingesta de frutas y hortalizas se ha caracterizado por sus diversos beneficios para la salud en los seres humanos, es por eso que son consumidas en fresco y/o procesadas. Es así como uno de esos beneficios es la importante presencia del contenido de carotenoides en hortalizas. Colombia gracias a su amplia variedad en pisos térmicos, posee gran diversidad en hortalizas, entre ellas se encuentra la familia de las *Cucúrbitas*, cultivos hortofrutícolas ampliamente utilizados, entre ellos el zapallo (*Cucúrbita moschata*). Esta hortaliza, figura como una especie hortícola de gran importancia en la tradición culinaria de Colombia y se caracteriza por tener un porcentaje significativo de nutrientes, vitaminas y minerales; además de fibra y componentes antioxidantes, que potencializan su calidad nutricional. Según lo anterior, se decidió evaluar los cambios en las propiedades fisicoquímicas de zapallo (*Cucúrbita moschata* Duch Var. Bolo verde) fresco y mínimamente procesado, en función de las condiciones de almacenamiento. En consecuencia, se evaluó el efecto de diferentes variables tales como: temperatura en grados Celsius (°C) y Humedad Relativa de almacenamiento (HR) con respecto al tiempo en días sobre las variables de pH y acidez (ácido cítrico), pérdida de peso, color  $CIE_{L^*a^*b^*}$ , carotenoides totales y parámetros de textura de zapallo fresco, donde se presentaron 4 intervalos de tiempo de medición (0, 5, 10 y 15 días), 4 niveles de exposición de temperatura (0, 10, 16 y 28°C) y 3 niveles de humedad relativa (0, 50 y 70%); siendo cero (0) la muestra control que represento 26°C de temperatura y 65%HR en todos los factores, para cada una de las variables medidas. Gracias a lo anterior, se pudo obtener una condición que represento una mayor duración en el tiempo de almacenamiento de zapallo, dando una mejor conservación al fruto y sus características. La condición que más se ajustó dentro de los parámetros establecidos como adecuados para su comercialización y consumo en fresco fue la del día 15, a una temperatura de 16°C y 70%HR, la cual mantuvo el pH en  $6,68 \pm 0,14$ , acidez total titulable (ATT) de  $0,10 \pm 0,01$ , pérdida de peso (%Pp)  $2,49 \pm 0,43$  %, luminosidad ( $L^*$ )  $62,40 \pm 2,97$ , cromaticidad ( $C^*$ )  $57,61 \pm 2,48$ , tonalidad ( $h^\circ$ )  $67,63 \pm 0,19$ , diferencia de color ( $\Delta E$ )  $5,44 \pm 0,06$ , índice de amarillamiento (IA)  $122,21 \pm 10,90$ , carotenoides totales (CT) ( $\mu\text{g/g}$ )  $639,61 \pm 20,27$ , firmeza (F)  $226,64 \pm 19,37\text{N}$ , adhesividad (A)  $11,67 \pm 1,40\text{N*mm}$ , cohesividad (CH)  $0,28 \pm 0,05$ , elasticidad (EL)  $9,20 \pm 3,28$ , gomosis (GO)  $56,88 \pm 6,36\text{N*s}$  y masticabilidad

(MA)  $443,37 \pm 5,72\text{N}$ . En relación con el zapallo mínimamente procesado, se evaluó el efecto del tiempo, con respecto al tipo de empaque durante el almacenamiento, sobre las variables contenido de humedad, pH y acidez, pérdida de peso, color  $\text{CIE}_{L^*a^*b^*}$ , carotenoides totales y parámetros de textura. Los zapallos fueron desinfectados en hipoclorito de sodio 100 ppm, por 10 minutos, se procedió a cortarlo longitudinalmente en 4 partes empleando un cuchillo previamente desinfectado, retirando la semilla y la piel; las medidas de las julianas fueron tiras de 4 mm de espesor, 6 mm ancho y 80 mm de largo, empacando  $\pm 150\text{g}$  en bandejas de polietileno expandido y domo de polietileno tereftalato PET, y bandeja de polietileno expandido y film de PVC calibre  $14\mu\text{m}$  (BF), a estas se les realizaron los respectivos análisis fisicoquímicos para la muestra control y para el resto de las muestras se les realizaron cada cuatro días (4, 8, 12), estas últimas se almacenaron a  $5 \pm 0,20^\circ\text{C}$  y  $42 \pm 2,00\% \text{HR}$ . Como resultado, las variables respuesta como Humedad (H)  $94,94 \pm 0,77$  y %Pp  $2,18 \pm 1,42$ , los valores de la concentración de carotenoides como fuente nutritiva  $706,85 \pm 58,13$  ( $\mu\text{g/g}$ ), fueron decisivos para seleccionar el tratamiento que estuviera dentro de los parámetros establecidos como adecuados para su comercialización y consumo y esto fue posible al corroborarlo con los datos estadísticos y la literatura científica.

**Palabras clave:** Hortaliza, fresco, color, pH, carotenoides, textura.

## Abstract

The fruits and vegetables intake is characterized by its various health benefits to humans, that is why they are consumed fresh and / or processed. As such, the important presence of carotenoid content in vegetables is one of these benefits. Thanks to its wide variety of thermal floors, Colombia possesses a great diversity in vegetables, among them the *Cucurbita* family can be found, widely used fruit and vegetable crops, including the squash (*Cucurbita moschata*). This vegetable appears as a horticultural species of great importance in the Colombian culinary tradition and is characterized by having a significant percentage of nutrients, vitamins and minerals; besides fiber and antioxidant components, which potentiate their nutritional quality. Therefore, it was determined to evaluate the physicochemical properties changes of freshly and minimally processed squash (*Cucurbita moschata* Duch Variety, green bolus), depending on the storage conditions. Consequently, the effect of different variables such as: temperature in Celsius degrees ( $^{\circ}\text{C}$ ) and relative humidity of storage (RH) was evaluated, with respect to time in days against the pH and acidity (citric acid) variables, weight loss, total carotenoids,  $\text{CIE}_{\text{L}^*a^*b^*}$  color and fresh squash texture parameters, where 4 measuring intervals of time (0, 5, 10 and 15 days), 4 temperature exposure levels (0, 10, 16 and  $28^{\circ}\text{C}$ ) and 3 levels of relative humidity (0, 50 and 70%) were taken into account; being zero (0) the control sample that exhibited  $26^{\circ}\text{C}$  of temperature and 65% RH in all factors, for each of the measured variables. As a result, it was possible to obtain a condition that presented a greater duration in the storage time of squash, giving a better conservation to the fruit and its characteristics. The condition that most suited within the suitable established parameters for marketing and fresh consumption was that one of day 15, at a temperature  $16^{\circ}\text{C}$  y 50%HR, which maintained the pH at  $6.68 \pm 0.14$ , total titratable acidity (TTA) of  $0.10 \pm 0.01$ , weight loss (% WI)  $2.49 \pm 0.43$  %, luminosity ( $L^*$ )  $62.40 \pm 2.97$  chromaticity ( $C^{\circ}$ )  $57.61 \pm 2.48$ , tonality ( $h^{\circ}$ )  $67.63 \pm 0.19$ , color difference ( $\Delta E$ )  $5.44 \pm 0.06$ , yellowness index (YI)  $122.21 \pm 10.90$ , total carotenoids (TC) ( $\mu\text{g/g}$ )  $639.61 \pm 20.27$ , firmness (F)  $226.64 \pm 19.37\text{N}$ , adhesiveness (A)  $11.67 \pm 1.40 \text{N}\cdot\text{mm}$ , Cohesiveness (CH)  $0.28 \pm 0.05$ , Elasticity  $9.20 \pm 3.28$ , Springiness (SP)  $56.88 \pm 6.36 \text{N}\cdot\text{s}$  and Chewiness (MA)  $443.37 \pm 5.72\text{kg}$ . Concerning the minimally processed squash, the effect of time regarding the type of packaging during storage, on the variables moisture content, pH and acidity, weight loss, color  $\text{CIE}_{\text{L}^*a^*b^*}$ , total carotenoids and texture parameters were evaluated. The squashes were disinfected in 100 ppm sodium hypochlorite, for 10 minutes, it was cut

lengthwise in 4 parts using a previously disinfected knife, removing the seed and the skin; the measurements of the julienne strips were units of 4 mm thick, 6 mm wide and 80 mm long, packing  $\pm 150$  g in trays of expanded polyethylene and polyethylene terephthalate dome PET, and expanded polyethylene tray and 14  $\mu\text{m}$  PVC film (BF), these were conducted with the respective physicochemical analyzes for the control sample and for the rest of the samples these analyzes were conducted every four days (4, 8, 12), the latter were stored at  $5 \pm 0,20$  °C and  $42 \pm 2,00\%$  RH. As a result, the response variables as moisture (H)  $94,94 \pm 0,77\%$ , WI  $2,18 \pm 1,42$  and the values of carotenoid concentration as a nutritional source  $706,85 \pm 58,13$  ( $\mu\text{g/g}$ ) , were vital to select the treatment that fulfilled the suitable established parameters for commercialization and consumption and this was possible by corroborating it with statistical data and scientific literature.

**Key words: Vegetable, fresh, color, pH, carotenoids, texture.**



# Contenido

	PÁG.
<b>Resumen</b>	<b>V</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>XI</b>
<b>Lista de Tablas</b>	<b>XIII</b>
<b>Lista de Anexos</b>	<b>XIV</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Justificación</b>	<b>3</b>
<b>Planteamiento del problema</b>	<b>5</b>
<b>Hipótesis del estudio</b>	<b>6</b>
<b>Objetivos</b>	<b>7</b>
<b>1. Marco teórico</b>	<b>8</b>
1.1 Origen y descripción del zapallo ( <i>Cucúrbita moschata</i> ).	8
1.2 Valor nutricional del zapallo	11
1.3 Producción de zapallo	12
1.4 Frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas	14
1.4.1 Operaciones preliminares en frutas y hortalizas mínimamente procesadas	18
1.4.1.1 Selección	18
1.4.1.2 Lavado	20
1.4.1.3 Clasificación	20
1.4.1.4 Desinfección y secado	20
1.4.1.5 Cortado y pelado	21
1.4.1.6 Troceado	21
1.4.1.7 Desinfección	21
1.4.1.8 Empaque	21
1.4.1.9 Almacenamiento	22

1.5	Propiedades fisicoquímicas que determinan la calidad de las hortalizas frescas y mínimamente procesadas	24
1.5.1	pH y acidez	24
1.5.2	Pérdida de peso	25
1.5.3	Carotenoides	25
1.5.4	Color superficial	26
1.5.5	Textura	27
<b>2.</b>	<b>Estado del arte</b>	<b>28</b>
<b>3.</b>	<b>Estudio de condiciones de almacenamiento para zapallo (<i>Cucúrbita moschata</i> D Var. Bolo verde) fresco</b>	<b>34</b>
3.1	Materiales y métodos	38
3.1.1	Material vegetal	38
3.1.2	Análisis fisicoquímico para zapallo fresco	40
3.2	Resultados y discusión	43
3.3	Conclusiones	58
<b>4.</b>	<b>Estudio de condiciones de almacenamiento para zapallo (<i>Cucúrbita moschata</i> D Var. Bolo verde) mínimamente procesado</b>	<b>59</b>
4.1	Materiales y métodos	63
4.1.1	Material vegetal	63
4.1.2	Análisis fisicoquímico	65
4.2	Resultados y discusión	70
4.3	Conclusiones	79
	<b>Anexos-Capítulo 3</b>	<b>82</b>
	<b>Anexos-Capítulo 4</b>	<b>134</b>
	<b>Anexos – Productos Académicos</b>	<b>169</b>
	<b>Referencias</b>	<b>170</b>

# Lista de Figuras

PÁg.

<b>Figura 1-1</b> Mapa de distribución de especies silvestres de <i>Cucúrbita</i> . Cada color corresponden a una variedad: Cucúrbita pepo ssp. Var. Ovifera: verde oscuro; C. pepo ssp: verde claro; C. argyrosperma ssp: azul; C. moschata: purpura; C. ficifolia: azul claro; C. máx.: naranja. (GBIF, 2018; Kates, Soltis & Soltis, 2017). ....	10
<b>Figura 1-2</b> Comportamiento del zapallo área cosechada (ha) y la producción (ton) a nivel nacional (Agronet, 2017) .....	13
<b>Figura 1-3</b> Comportamiento en los últimos años (2013-2017) de la producción de Colombia (Agronet, 2017).....	13
<b>Figura 1-4</b> Comportamiento de zapallo en el departamento del Valle del Cauca-Colombia (Agronet, 2017) .....	14
<b>Figura 1-5</b> Proceso realizado en la cadena productiva de zapallo en fresco-municipio de Palmira (Autoría propia, 2018). ....	15
<b>Figura 1-6</b> Etapas del proceso del zapallo mínimamente procesado (Autoría propia, 2018) .....	19
<b>Figura 3-1</b> Diagrama de flujo del proceso de acondicionamiento de zapallo fresco .....	39
<b>Figura 3-2</b> Ilustración de la curva utilizada para Análisis de Perfil de Textura TPA, tomada de manual texturómetro SHIMADZU .....	42
<b>Figura 3-3</b> Parámetros de las propiedades fisicoquímicas de pH, Acidez Total Titulable ATT y Pérdida de peso %Pp en zapallo fresco.....	45
<b>Figura 3-4</b> Diferencia de las variables tiempo, Temperatura y Humedad Relativa en las coordenadas de color CIE <sub>L*a*b*</sub> , L*: luminosidad, C°: cromaticidad, h°: tonalidad, IA= índice de amarillamiento y CT: Carotenoides Totales (µg de β-caroteno /g muestra b.s) de zapallo ( <i>Cucúrbita moschata</i> ) Variedad Bolo Verde.....	47
<b>Figura 3-5</b> Cambio de color en los diferentes tiempos, Temperaturas y Humedades Relativas de zapallo variedad Bolo Verde .....	49
<b>Figura 3-6</b> Parámetro de Firmeza (N) de zapallo con diferentes tiempos (0, 5, 10, 15 días), Temperaturas (0, 10, 16, 28°C) y Humedades Relativas (0, 50, 70%) de almacenamiento.....	53

<b>Figura 3-7</b> Propiedad APT Adhesividad (N*mm) para zapallo fresco en diferentes condiciones de tiempos, Temperaturas y Humedad Relativas .....	54
<b>Figura 3-8</b> Propiedad de APT Cohesividad zapallo fresco ( <i>Cucúrbita moschata</i> D.) .....	54
<b>Figura 3-9</b> Propiedades de ATP como Elasticidad, Gomosidad (N*s) y Masticabilidad (kg) para zapallo fresco.....	56
<b>Figura 4-1</b> Tipos de empaque a) Domo b) Film para zapallo mínimamente procesado en julianas .....	64
<b>Figura 4-2</b> Proceso del acondicionamiento de zapallo mínimamente procesado .....	65
<b>Figura 4-3</b> Diagrama de flujo de las operaciones requeridas para el acondicionamiento de zapallo mínimamente procesado. ....	66
<b>Figura 4-4</b> Efecto del periodo de almacenamiento (12 días a 5°C y 42%HR) sobre algunas propiedades de textura de zapallo ( <i>Cucúrbita moschata</i> D Var. Bolo verde) mínimamente procesado, empleando dos tipos de empaque (Domo y Film) .....	78

## Lista de Tablas

PÁG.

<b>Tabla 1</b> Composición Nutricional de Zapallo. ....	11
<b>Tabla 2</b> Estudios realizados de zapallo fresco y mínimamente procesado .....	29
<b>Tabla 3</b> ANOVA del comportamiento de zapallo almacenado bajo los parámetros de pH, ATT y Pp .....	44
<b>Tabla 4</b> ANOVA coordenadas $CIE_{L^*a^*b^*}$ de zapallo en fresco ( <i>Cucúrbita moschata</i> D.)....	46
<b>Tabla 5</b> ANOVA Análisis de Perfil de Textura para zapallo ( <i>Cucúrbita moschata</i> D) variedad Bolo Verde en fresco .....	51
<b>Tabla 6</b> Composición fisicoquímica de zapallo mínimamente procesado (julianas), empaque bandeja de polietileno expandido y domo de poliestileno tereftalato PET (Domo) y bandeja de polietileno expandido y film de PVC (Film), almacenado a 5°C y 42%HR.....	72
<b>Tabla 7</b> Coordenadas de color $CIE_{L^*a^*b^*}$ y Carotenoides Totales de zapallo mínimamente procesado. ....	73
<b>Tabla 8</b> ANOVA Análisis de Perfil de Textura APT para zapallo mínimamente procesado 5°C 42% HR almacenado 12 días.....	77

## Lista de Anexos

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1</b> Estadísticos descriptivos de las Propiedades Fisicoquímicas en diferentes condiciones de almacenamiento para zapallo fresco .....	82
<b>Anexo 2</b> Pruebas Post hoc para las propiedades fisicoquímicas para zapallo fresco para la variable tiempo (t) .....	94
<b>Anexo 3</b> Pruebas Post hoc para las propiedades fisicoquímicas para zapallo fresco para la variable Temperatura (T) .....	100
<b>Anexo 4</b> Pruebas Post hoc para las propiedades fisicoquímicas para zapallo fresco para la variable Humedad Relativa (HR) .....	104
<b>Anexo 5</b> Estadísticos descriptivos de análisis de perfil de textura ATP zapallo fresco..	109
<b>Anexo 6</b> Estadísticos y efectos de cada una de las variables respuesta en APT de zapallo fresco .....	118
<b>Anexo 7</b> Pruebas Post hoc para la variable tiempo .....	123
<b>Anexo 8</b> Pruebas Post hoc para la variable Temperatura .....	127
<b>Anexo 9</b> Pruebas Post hoc para la variable Humedad Relativa HR .....	130
<b>Anexo 10</b> Estadísticos descriptivos de propiedades fisicoquímicas para zapallo mínimamente procesado almacenado .....	134
<b>Anexo 11</b> Pruebas Post hoc para parámetros fisicoquímicos en los diferentes tipos de empaque para zapallo mínimamente procesado en julianas almacenado 5°C y 42%HR .....	147
<b>Anexo 12</b> Pruebas Post hoc para propiedades fisicoquímicas para la variable de tiempo de almacenamiento de zapallo mínimamente procesado en julianas .....	152
<b>Anexo 13</b> Estadísticos descriptivos del análisis de perfil de textura APT para zapallo mínimamente procesado .....	161
<b>Anexo 14</b> Pruebas Post hoc para el tipo de empaque de zapallo mínimamente procesado en julianas en condiciones de almacenamiento .....	163
<b>Anexo 15</b> Pruebas Post hoc para el análisis de perfil de textura APT para la variable tiempo en zapallo mínimamente procesado almacenado .....	166
<b>Anexo 16</b> Poster .....	169

# Introducción

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha promovido acciones en temas que afectan la seguridad alimentaria y nutrición, medios de vida, gestión y uso sostenible de los recursos naturales, entre otros. En una de sus publicaciones, la FAO indica que en el mundo cerca de 1300 millones de toneladas se desperdician, esto alcanzaría para que un porcentaje de población suplementara el consumo diario de por lo menos 400 g de frutas y hortalizas (FAO, 2003). Las entidades públicas y privadas encargadas de estos temas han creado campañas para generar un hábito de consumo de estos productos en su rutina alimentaria.

Ayala-Zavala et al (2011) aseguran que la tendencia en el mercado hortícola hoy en día ha aumentado significativamente y a su vez la producción, comercialización y el consumo. Esto se debe también a la demanda de los mercados domésticos debido a las propiedades sensoriales que hacen atractivo un producto y el reconocimiento del valor nutricional y terapéutico.

En Colombia se produce gran variedad de hortalizas debido a su biodiversidad orográfica. Una de las hortalizas que poco a poco ha ganado importancia dejando de ser referenciada como maleza, es el zapallo (*Cucúrbita*). Para el año 2017 se produjo a nivel nacional 124000 toneladas (tn), de las cuales 9362 tn provenían del departamento del Valle del Cauca (Agronet, 2017). Aunque no se encontraron reportes sobre el total de toneladas que se perdieron o desperdiciaron de este producto, si se puede afirmar que en Colombia una parte de la producción se pierde por el manejo no adecuado en la cosecha y poscosecha del fruto. La producción y comercialización son eslabones importantes en la cadena del zapallo y por ello, el presente trabajo está orientado a estudiar los cambios en las propiedades fisicoquímicas de zapallo fresco y mínimamente procesado en función de las condiciones de almacenamiento.

Esta hortaliza pertenece a la familia Cucurbitácea y al género *Cucúrbita* donde se incluye el pepino (*Cucumis sativus* L.), melón (*Cucumis melo* L.) y la sandía (*Citrullus lanatus*). Entre las especies de zapallo *Cucúrbita* más cultivadas en América están: *pepo*, *maxima* y *moschata* (Wang, Behera & Chittaranjan, 2011; Yano & Ezura, 2016). El zapallo *C. moschata* crece mejor en los trópicos húmedos, es por esto que para los autores Nee

(1990) y Wessel-Beaver (2000) el origen de la domesticación de este fruto posiblemente estuviera en Colombia, exactamente en la parte alta y central hacia el occidente (Kates, Soltis & Soltis; 2017). Entre las variedades de *Cucúrbita moschata* se tiene una cuyo nombre es Bolo Verde, el cual presenta en su fisiológica un comportamiento no climatérico (Urías et al, 2012).

Este fruto se consume en forma directa (sopas, cremas, dulces, purés, jugos, pastelería y compotas) y de una forma indirecta como materia prima (harina y deshidratados) (Espitia, Vallejo & Baena, 2004; Hui, Evranuz, Bingol, Erter & Jaramillo-Flores, 2015; Tobar Tosse, 2009). Debido a que contiene alta concentración de carotenoides, propiamente  $\beta$ -caroteno, luteína (Noseworthy & Loy; 2008), violaxantina y un contenido considerable de vitamina C; con presencia de numerosos nutrientes de fácil digestión, además es un reductor del nivel de la glucosa y tiene propiedades desintoxicantes (Nawirska-Olszanska, Biesiada, Sokół-Łetowska & Kucharska, 2014). Al igual que pectina y potasio; donde el papel de la pectina consiste en modificar las propiedades funcionales de los productos y presenta un color naranja (Suarez, Paz-Peña, Echeverría-Restrepo, Ruiz & Mosquera-Sánchez, 2016).

En continuidad con lo anteriormente planteado, en este documento se podrá encontrar un primer capítulo donde se abordó el origen y generalidades del cultivo de zapallo (*Cucúrbita moschata* D), el valor nutricional del fruto, producción, comercialización, consumo, agroindustrialización de las frutas y hortalizas, adecuación, procedimiento y procesamiento, y almacenamiento y propiedades fisicoquímicas. En el segundo capítulo se puede encontrar el estado del arte del zapallo a nivel mundial. En el tercer capítulo se estudió el comportamiento de las propiedades fisicoquímicas del zapallo almacenado en fresco. Por último y como cuarto capítulo fueron investigados dos tipos de empaque usados en zapallo mínimamente procesado en un tiempo determinado de almacenamiento; allí también fueron evaluadas las variables fisicoquímicas de humedad, pH, acidez titulable, pérdida de peso, entre otras; las cuales fueron relevantes en esta investigación.



## Justificación

Cultivos de hortalizas como el zapallo son frecuentes en agrosistemas de economía campesina y en medianas explotaciones productivas, ya sea como monocultivo, policultivo, transitorio o permanente y de relevo con frutas, por lo cual, sobre sale como una especie hortícola de gran importancia en la seguridad alimentaria del mundo. Sin embargo, una parte de la población de los países en desarrollo tiene acceso limitado a un suministro básico o suficiente de alimentos. Uno de los factores que se presentan es la pérdidas del 50% en frutas y hortalizas en países de clima tropical y con infraestructura insuficiente (IICA, 2016). Esto se debe principalmente a la falta de manejo poscosecha de parte de los productores, lo cual limita la disponibilidad de los productos, reduciéndose así la vida útil de estos alimentos (daños fisiológicos, bioquímicos y microbiológicos) (FAO, 2018). Las pérdidas que se producen en casi todas las etapas de la cadena alimentaria se pueden reducir de distintas maneras, una de ellas podría ser utilizando un envasado o empaque adecuado (FAO, 2011). Este proceso hace parte fundamental de un proceso de desarrollo a mediano y largo plazo que tiene como objeto prolongar la vida útil del alimento, en este caso el zapallo (Olsmats y Wallteg 2009).

Este tipo de productos garantiza inocuidad y tiene como aspecto fundamental el desarrollo económico de un país, por la demanda creciente de productos tanto frescos como mínimamente procesados o listos para consumo. Actualmente los alimentos mínimamente procesados representan uno de los principales segmentos en crecimiento dentro de los mercados minoristas (Robles-Sánchez et al., 2009). El creciente interés por las frutas y hortalizas cortadas y listas para el consumo se centra principalmente en ser alimentos ricos en compuestos bioactivos como el ácido ascórbico, carotenoides, y compuestos fenólicos, que poseen actividad antioxidante o son precursores de vitaminas como A, C y E (Guiné & Barroco, 2012; Ordóñez-Santos & Ledezma-Realpe, 2013).

Para tal efecto, se decidió estudiar las condiciones adecuadas de almacenamiento para mejorar o desacelerar la senescencia del zapallo, ajustando diferentes temperaturas (enfriamiento, calor y ambiente), humedades relativas y empaques a través del tiempo; observando así el comportamiento del fruto y su conservación. Esta investigación se

realizó en el departamento del Valle del Cauca, en la Universidad Nacional de Colombia– Sede Palmira, enmarcado en el proyecto “Desarrollo de un Sistema Agroindustrial Rural Competitivo en una Bioregión del Valle del Cauca”. También contó con la participación de la Universidad del Valle, entre otras entidades ejecutoras. Dicho proyecto de regalías abordó la variedad Bolo Verde, debido a que esta variedad era una de las que se cultivó en las zonas de producción al cual pertenecía.

## Planteamiento del problema

La agroindustria en Colombia ha venido avanzando en el sector hortofrutícola, mitigando la cantidad en las pérdidas de los frutos que se cultivan al interior del país. Sin embargo, hay mayor porcentaje de pérdida que ocurre en los primeros eslabones de la cadena hortofrutícola, por cada 10 millones de toneladas disponibles, se asume que cerca de 6,08 millones de toneladas se pierden al año entre frutas y hortalizas (AGRONEGOCIOS, 2018; DNP, 2017). En la región del Pacífico (Chocó, Nariño, Cauca, Valle del Cauca) se desperdiciaron cerca de 488539 toneladas de alimentos (DPN, 2016). El departamento del Valle del Cauca, emite en promedio diariamente 30 toneladas de desecho en lugares como las plazas mayoristas (Rendón, 2013).

Esto hace que se limite seriamente la competitividad de la cadena hortofrutícola. Entre los alimentos de mayor participación del Valle, se encuentra el zapallo el cual no es ajeno a esta problemática, ya que la producción es realizada mayormente por pequeños productores que no cuentan con una buena infraestructura vial para trasladar sus productos a los respectivos mercados, tecnologías en manejo poscosecha (lo cual lo haría más sostenible y eficiente la calidad de los productos), espacios adecuados de almacenamiento y procesos de transformación agroindustrial (generación de valor agregado para las materias primas); generando así baja productividad y competitividad.

Al mismo tiempo, esto se ve afectado también en la alimentación de los consumidores, al no haber suficiente suministros de los mismos en todo el año, arriesgando posiblemente la salud de los usuarios y exponiendo a que los sustituyan por productos importados u otros tipos de productos que puedan complementar su canasta familiar. Esto podría no suplir todos los beneficios que representa una hortaliza como lo es el zapallo en términos de la salud. El zapallo es un cultivo vegetal apreciado por su pulpa y semillas para la dieta humana, debido a que presenta principalmente compuestos bioactivos, como lo son los carotenoides y otros compuestos polifenólicos que contribuyen a la capacidad antioxidante (Murkovic, Mülleder y Neunteufl, 2002).

Igualmente, es importante considerar las condiciones fisiológicas del zapallo las cuales son importantes para mejorar su calidad poscosecha y prolongar la vida útil de este. Factores como la tasa de respiración; temperatura de almacenamiento, esto para fresco y mínimamente procesado y concentraciones óptimas de  $O_2/CO_2$  de almacenamiento en atmósfera modificada/ controlada (MA / CA), etileno, bióticos y estrés abiótico para el caso mínimamente procesado (Brecht et al., 2003).

Por lo tanto, se formuló la siguiente pregunta de investigación: **¿Qué efecto tiene el tiempo, la temperatura y la humedad relativa de almacenamiento sobre el contenido de humedad, pH y acidez, pérdida de peso, carotenoides totales, color y textura de zapallo en fresco y mínimamente procesado?** Con el fin de determinar las condiciones adecuadas de almacenamiento para zapallo (*Cucúrbita moschata*) fresco y mínimamente procesado en los cultivos de las comunidades vinculadas directamente al mencionado proyecto.

## Hipótesis del estudio

1. **Ho:** Los factores tiempo, temperatura y humedad relativa si tienen efecto significativo sobre el pH, acidez, pérdida de peso, color, carotenoides totales y textura de zapallo en fresco.

**H1:** Los factores tiempo, temperatura y humedad relativa no tienen efecto significativo sobre el pH, acidez, pérdida de peso, color, carotenoides totales y textura de zapallo en fresco.

2. **Ho:** Los factores tipo de empaque y tiempo si tienen efecto significativo sobre la humedad, pH, acidez, pérdida de peso, color, carotenoides totales y textura de zapallo mínimamente procesado.

**H1:** Los factores tipo de empaque y tiempo no tienen efecto significativo sobre la humedad, pH, acidez, pérdida de peso, color, carotenoides totales y textura de zapallo mínimamente procesado.

# Objetivos

## Objetivo general

Estudiar los cambios en las propiedades fisicoquímicas de zapallo fresco y mínimamente procesado en función de las condiciones de almacenamiento.

## Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del tiempo, temperatura y humedad relativa de almacenamiento sobre las variables de pH, acidez, pérdida de peso, carotenoides totales, color y textura de zapallo en fresco.
- Evaluar el efecto del tiempo, temperatura y humedad relativa de almacenamiento sobre las variables de contenido de humedad, pH, acidez, pérdida de peso, carotenoides totales, color y textura de zapallo mínimamente procesado.

# 1. Marco teórico

## 1.1 Origen y descripción del zapallo (*Cucúrbita moschata*).

Las cucurbitáceas son una familia de plantas típicamente trepadoras en general herbáceas y anuales. Posee un ovario ínfero y un fruto maduro de un pepónide, que al momento de su maduración se diversifica adaptándose a diferentes síndromes de dispersión, produciendo cucurbitacinas, estos son compuestos químicos los cuales se concentran en las raíces y frutos de sabor amargo, que vuelven partes vegetativas, frutos inmaduros y algunas veces maduras (Aguilar, 2016). Las cucurbitáceas cultivadas para el consumo humano fueron perdiendo dichas sustancias a lo largo del tiempo, permitiendo un consumo masivo e incluyéndola dentro de la dieta diaria. (Muzzaffar et al., 2016; Provesi, & Amante, 2015)

El género *Cucurbita* se divide en subfamilias, entre ellas la Curcubitoidea, con las variedades *C. mixta* Duchesne, *C. moschata* Duchesne, *C. mixta* y *C. pepo*, que han sido consumido por los pueblos americanos desde hace varios miles de años (Tobar Tosse, 2009). Según Whitaker y Bemis (1975), en el Perú, se han encontrado evidencias de *C. moschata* entre 3000 y 5000 años. Giraldo y Henao (1986), aseguran que el zapallo es una hortaliza muy apetecida por el alto valor nutritivo de sus frutos, los cuales se pueden encontrar de diferentes tamaños, formas y colores; potenciando su mercado, tanto para el consumo humano y animal, así como ornamental.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Violales

Familia: Cucurbitácea

Género: *Cucúrbita* L., año 1981

Especie: *moschata* (Duchesne ex L.) Duchesne ex Poir. Año 1818

Particularmente, la variedad *C.moschata* Duchesne, se caracteriza por ser una hierba anual o perenne, trepadora o rastrera, nativa de regiones áridas y templadas (Kulkarni & Joshi, 2013) y por tener eje: tallos largos y duros, suavemente acanalados y hojas suaves, oblongas, moderadamente lobuladas. Muchas variedades locales de *Cucúrbita moschata* varía en formas de cilíndrica a globosa u ovoide. También Autores como Criollo, Cardoso y Guevara, (1999) afirmaron que esta planta es alógama y en el tiempo de crecimiento del fruto y del cultivo, la semilla germina entre 5-7 días desde la siembra, los tallos crecen siempre y se enraízan en los nodos, pudiendo alcanzar una longitud de más de 20 m. La floración masculina comienza entre 50 y 55 días, después inicia la femenina entre 55 y 65 días (Estrada, 2001). En días largos y altas temperaturas se propicia la expresión sexual masculina. El polen de las flores es pegajoso y la producción es cuantiosa. Por tanto, las abejas principalmente realizan una polinización cruzada. Cada planta desarrolla entre 4-6 frutos (Ortiz, 2006).

Este fruto crece durante todo el año, aunque generalmente se cultiva durante la temporada de lluvias sin necesitar algún tipo de riego. Este tipo de cultivo no demanda mucho con respecto a las condiciones del suelo y puede cultivarse en casi cualquier suelo razonablemente fértil y bien drenado con una reacción neutra o ligeramente ácida (pH 5,8-7,0) (Vallejo-Cabrera & Estrada et al, 2004). Whitaker & Bemis, (1975) & Nee (1990), argumentaron que estas especies se encuentran distribuidas principalmente en áreas calurosas del mundo (20-44°C y 60-98%HR) (Japon, 1981; NOAA, 2018), principalmente en los trópicos, subtrópicos y con menor frecuencia se encuentra en regiones con temperaturas bajas por la sensibilidad en las heladas. Para el caso de Colombia se cultiva en los trópicos (cálidos y frescos) aproximadamente desde 800 hasta 1500 (m.s.n.m) y para un crecimiento óptimo de este fruto, se necesitan temperaturas diurnas altas, mayores a 24°C y temperaturas nocturnas superiores a 16 °C. Entre los beneficios que este fruto presenta es que es tolerante a la sequía; pero es sensible a las heladas y a las inundaciones (exceso de humedad en sus raíces); es así como, en la temporada copiosa de lluvias este cultivo es sensible a enfermedades fúngicas y bacterianas (Estrada, 2001).



**Figura 1-1** Mapa de distribución de especies silvestres de *Cucurbita*. Cada color corresponden a una variedad: *Cucurbita pepo* ssp. Var. *Ovifera*: verde oscuro; *C. pepo* ssp: verde claro; *C. argyrosperma* ssp: azul; *C. moschata*: púrpura; *C. ficifolia*: azul claro; *C. máx.*: naranja. (GBIF, 2018; Kates, Soltis & Soltis, 2017).

“Esta variedad fue domesticada antes del descubrimiento de América, al igual que las especies *Cucurbita máxima*, *Cucurbita pepo*, *Cucurbita ficifolia* y *Cucurbita argyrosperma*” (Vallejo-Cabrera & Estrada-Salazar, 2004). Tiene un amplio rango de adaptación; sin embargo, crece mejor en los trópicos húmedos (Kates, Soltis, & Soltis, 2017). Nee (1990) afirmó como probable sitio de origen de la domesticación de *C. moschata* el norte de Colombia; pero ningún origen publicado ha incluido suficientes muestras de esta taxonomía para encontrar un centro geográfico de diversidad filogenética, tal y como lo ilustra la Figura 1-1. “El género de flores amarillas se considera uno de los más variables a nivel morfológico en el reino vegetal, se le reconocen 22 especies silvestres con diversidad de fruto como color, tamaño y forma” (Tobar Tosse, 2009).



## 1.2 Valor nutricional del zapallo

Esta hortaliza posee un alto valor nutricional, rico en ácidos orgánicos como el cítrico, málico y fumárico, además contiene altos valores en fibra dietaria, vitaminas (B2, C y E), con bajo contenido energético, carotenoides como  $\alpha$ -caroteno y  $\beta$ -caroteno (provitamina A) (Rodríguez-Amaya, Kimura, Godoy & Amaya-Farfan, 2008; Zaccari, Cabrera & Saadoun, 2017), minerales: sodio (Na), fósforo (P), calcio (Ca) y potasio (K) y en aminoácidos como tiamina, niacina, serina, alanina, entre otros, tal y como se puede evidenciar en la Tabla 1 (Caili, Haijun, Tongyi, Yi & Quanhong, 2007; de Escalada, Ponce, Stortz, Gerschenson y Rojas, 2007; De Escalada et al., 2009).

Entre los carotenoides encontrados en la pulpa naranja de zapallo, se puede contener niveles prometedores de carotenoides, especialmente  $\beta$ -caroteno, micronutrientes esenciales para el metabolismo humano (Carvalho, Smiderle, Carvalho, Cardoso & Koblitz, 2012; Carvalho et al., 2014). Por este motivo, el zapallo es utilizado domésticamente para consumo en preparaciones de jugos, sopas, purés, dulces, galletas, postres, espaguetis, entre otros (Guiné, Henriques & Barroca, 2012).

**Tabla 1** Composición Nutricional de Zapallo.

Macronutrientes	Unidades	Valor por 100g	Micronutrientes	Unidades	Valor por 100g
Agua	g	91,604	<b>Vitaminas</b>		
Energía	Kcal	25,871	Vitamina C	mg	8,966
Proteína	g	1,000	Tiamina	mg	0,050
Grasas totales	g	0,103	Riboflavina	mg	0,110
Carbohidratos	g	6,500	Niacina	mg	0,600
Fibra dietética	g	0,517	Ácido Pantoténico	mg	0,298
Azúcar	g	1,362	Vitamina B-6	mg	0,061
Grasa Saturada	g	0,052	Ácido Fólico	$\mu$ g	16,379
Grasa Monosaturada	g	0,012	Vitamina E	mg	1,060
Grasa Polisaturada	g	0,005	Vitamina A	IU	7383,621
Colesterol	mg	0	Vitamina K	$\mu$ g	1,121
<b>Minerales</b>		<b>Fitonutrientes</b>			
Calcio	mg	22,759			
Hierro	mg	0,802	Fitoesteroles	mg	12,069

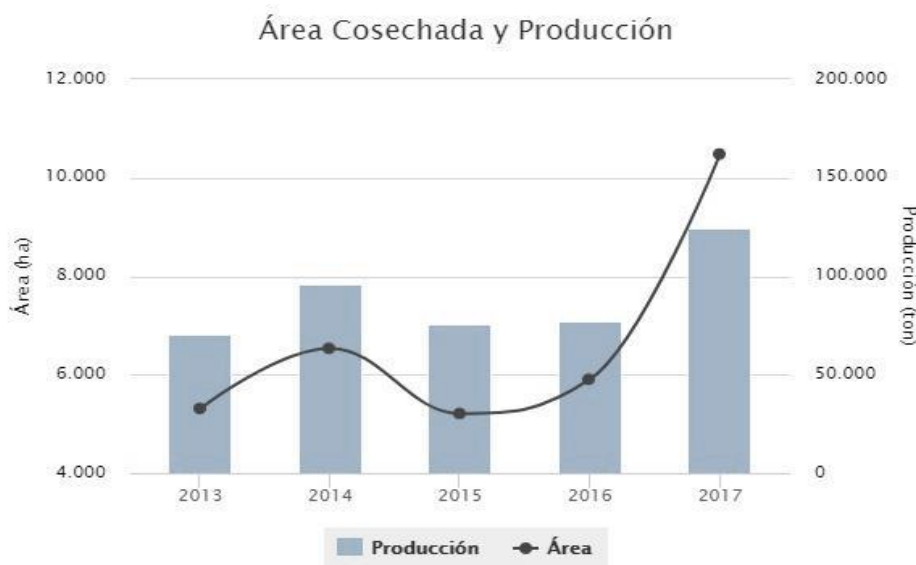
Magnesio	mg	12,069	Beta Caroteno	µg	3099,138
Fosforo	mg	43,966	Beta Criptoxantina	µg	2144,828
Potasio	mg	340,034	Licopeno	µg	0
Zinc	mg	0,862	Luteína y Zeaxantina	µg	1500

**Fuente:** U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA) 2018

### 1.3 Producción de zapallo

El zapallo, como fruto reconocido por sus propiedades nutricionales y comerciales poco a poco se ha posicionado en el mercado internacional y nacional, contando con una participación activa de 120 países que además de producirlo y comercializarlo, lo exportan. A nivel mundial esta hortaliza alcanzó en el año 2016 34,118 millones de toneladas, entre los principales productores de este fruto está China con 7,838 millones de toneladas (ton), India con 5,073 millones (ton) y Rusia con 1,224 millones (ton) al año, Colombia ocupó el puesto 33 con 73079 toneladas (FAOSTAT, 2017). Por otra parte, en Suramérica de los 12 países que lo conforman Colombia ocupó el quinto lugar de participación, donde Argentina encabezó la lista con 272274 ton (FAOSTAT, 2017). Además Colombia, exporta zapallo fresco o refrigerado a países tales como Países Bajos, Curazao, Aruba y Panamá con una rentabilidad que osciló entre \$440-1150 miles de USD (FAOSTAT, 2018).

Como parte de la contextualización, el zapallo gracias al reconocimiento de los beneficios que brinda, progresivamente se ha incluido dentro de la dieta tanto humana, como de animales; siendo también motivo de investigación desde hace un tiempo en el mundo, y con menor rigurosidad en Colombia (Loy, 2004). Es por esto, que el área de cosecha y producción del zapallo a nivel nacional en los últimos cinco años presentó una fluctuación ascendente, evidenciándose así en el año 2017 un mayor crecimiento para estos dos factores, con valores aproximados de 10479 hectáreas y 124000 toneladas producidas (Figura 1-2) (Agronet, 2017).



**Figura 1-2** Comportamiento del zapallo área cosechada (ha) y la producción (ton) a nivel nacional (Agronet, 2017)

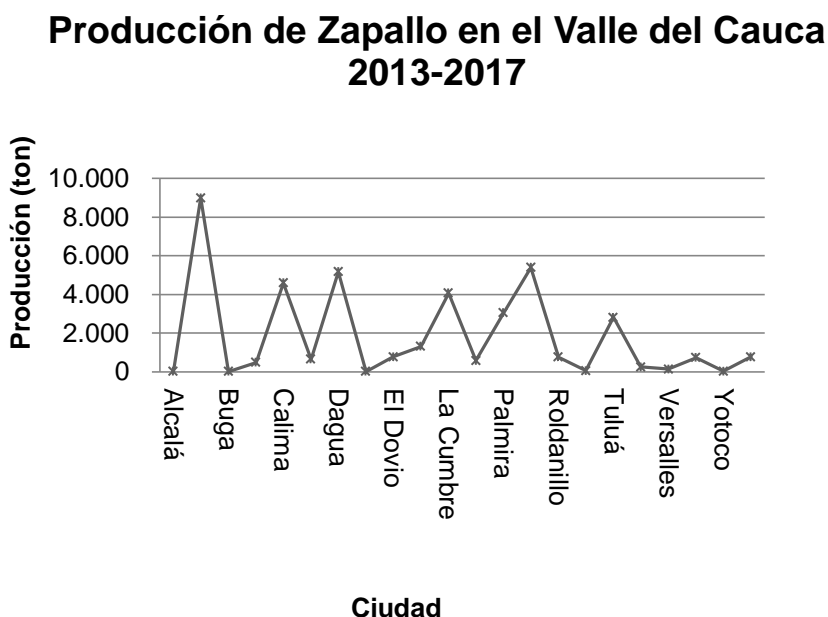
Según estadísticas de Agronet, el departamento que más produjo zapallo entre los años 2013-2017 fue Santander ofertando 64891 ton de la producción nacional, seguida de Cesar con 51210 ton, además Caldas recolectó 40390 ton y Valle del Cauca 40075 ton (Figura 1-3), estos valores presentan un buen panorama para la cadena productiva del zapallo (MADR & MINCIT, 2014).



**Figura 1-3** Comportamiento en los últimos años (2013-2017) de la producción de Colombia (Agronet, 2017)

Por último, llama la atención que de los 30 productos alimenticios más cosechados en los 42 municipios que tiene el Valle del Cauca, la caña de azúcar lidera el mercado produciendo para estos últimos cinco años 38309768 tn; mientras que el zapallo

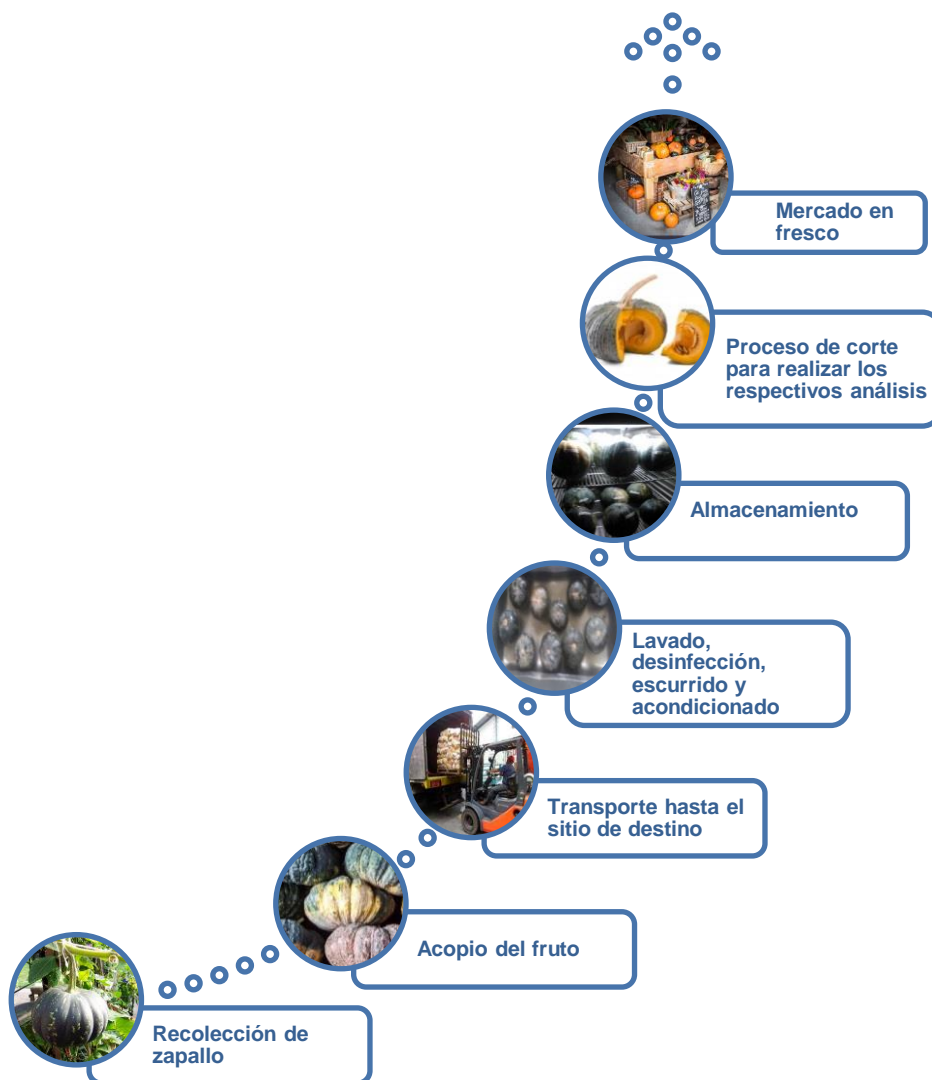
represento el puesto 16 con 40072 tn. Del mismo modo, de las 24 hortalizas más cultivadas y productivas ocupó el tercer lugar en este departamento. Municipios como Bolívar, Restrepo y Dagua ubicados en la parte occidental, ofrecen cantidades importantes de zapallo para el mercado local y al interior del país; sin embargo, Palmira la cual se encuentra localizada en la zona sur del Valle ocupó el sexto lugar, aportando 3053 ton a la cadena productiva del zapallo entre los años 2013-2017 (Figura 1-4) (Agronet, 2017).



**Figura 1-4** Comportamiento de zapallo en el departamento del Valle del Cauca-Colombia (Agronet, 2017)

## 1.4 Frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas

El proceso en fresco, como su nombre lo indica es realizar una serie de procedimientos para mantener el fruto en perfecto estado que este requiere en cada uno de los eslabones de la cadena productiva del fruto para mantener aislados ciertos patógenos y conservar sus características intrínsecas lo cual ayudará también a prolongar su vida útil (Artés & Allende, 2014).



**Figura 1-5** Proceso realizado en la cadena productiva de zapallo en fresco-municipio de Palmira (Autoría propia, 2018).

En la Figura 1-5 se observa cada una de las intervenciones que se realizan en la cadena productiva del zapallo, entre los cuales se presenta la cosecha, poscosecha, comercialización y como consumidor final conto con la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, la cual realizó con esta materia prima una investigación rigurosa para el eslabón del almacenamiento del producto en fresco y mínimamente procesado.

Un producto mínimamente procesado, es cualquier hortaliza que se ha sometido a uno o varios cortes, presentando así diferentes etapas de procesamiento y donde la primera acción sufre una acción mecánica, sin perder las características intrínsecas de su materia prima (Artés & Allende, 2014). Debido a que las frutas y hortalizas usualmente se consumen en fresco por los usuarios prefiriendo mantener sus propiedades nutricionales y sensoriales las cuales le otorgan un mayor grado de satisfacción a la hora de la ingesta. En el mercado colombiano, se distribuyen mayormente estos productos en fresco y mínimamente procesados. Es por esto que, la demanda de estos productos obligan a desarrollar alimentos seguros con técnicas mínimas de procesamiento (Gilbert, 2000).

A diferencia del proceso en fresco, el mínimamente procesado tiene una serie de etapas adicionales que intervienen al fruto como tal, haciéndolo más amigable al consumidor final, pero rechazando ciertas partes del fruto que pueden ser aprovechadas en otros procesos de transformación. Las operaciones de clasificación para este proceso son lavado, pelado, corte (trozos, rebanadas, julianas, cubos, entre otros), empaque y demás, que se deben llevar a cabo con un tipo de procesamiento convencional (Bansal, Siddiqui & Rahman, 2015). Sin embargo, la preparación de frutas y hortalizas mínimamente procesadas (FHMP), originan daños al tejido de la planta, debido a que se eliminan las capas protectoras naturales, generando daños físicos y fisiológicos que aceleran la degradación del producto, reduciendo la vida útil del mismo en comparación con los frutos en fresco (Allende, Luo, McEvoy, Artés & Wang, 2004; Kader, 2010).

Entre los daños y/o deterioros fisiológicos en FHMP, se presentan cambios bioquímicos, que se generan al incrementar la tasa de respiración, la emisión de etileno ( $C_2H_4$ ), transpiración y actividad enzimática de los tejidos vivos, después de su transformación (Nguyen-the & Carlin, 1994; Ahvenainen, 1996); proporcionando así una entrada fácil para los patógenos microbianos y químicos, valor nutricional y pérdida de agua que pueden ser contaminantes dentro del fruto (González-Aguilar, Villa-Rodriguez, Ayala-Zavala, Yahia, 2010). Otros cambios que también son frecuentes, son los parámetros sensoriales que tienen que ver con la frescura, apariencia, color (decoloración), textura (firmeza, dureza, jugosidad y crujencia), sabor (malos sabores) y olor (Artés & Allende, 2014). Dentro de ese marco, existen factores individuales que también tienen un efecto sobre los alimentos mínimamente procesados y son el tiempo, temperatura y humedad

relativa los cuales podrían retener o desacelerar el deterioro del producto (Silva et al., 2002).

Gracias a los desarrollos tecnológicos en el sector agroindustrial, hay diferentes insumos y/o procesos que ayudan a la prolongación de la vida útil de las frutas y hortalizas. Según lo anterior, Willocx (1995) expresa que el almacenamiento es uno de los factores que inciden para reducir el deterioro del fruto, garantizando sus propiedades nutricionales y sensoriales. Además de lo anterior, Artés-Hernández et al. (2010) afirmaron que, entre los tratamientos convencionales que se utilizan para mínimamente procesado, se pueden encontrar tratamientos químicos, tecnología de barreras y tratamientos no convencionales. Entre los tratamientos químicos se encuentran por ejemplo: antioxidantes (ácido ascórbico), cloración (cloruro de potasio), soluciones antimicrobianas (hipoclorito), acidulantes (ácido cítrico), entre otros. Mientras que, en los no convencionales están la C-ultravioleta (UV-C) de luz, plasma frío, técnicas de desinfección alternativas, antimicrobianos de origen natural, y los nuevos recubrimientos comestibles, entre otros (Bansal, Siddiqui & Rahman, 2015).

Sumado a esto, hay otra técnica utilizada en el área de la agroindustria mucho más integral denominada Tecnología de Barreras (TB), la cual implica la utilización de diferentes procesos de conservación, dentro de las que se destacan: el uso de desinfectantes, tratamientos térmicos, empaques en atmósferas modificadas y almacenamiento a bajas temperaturas, reduciendo el uso intensivo de aditivos comestibles para conservación; un ejemplo de ello, el benzoato de sodio. De lo anterior se desprende que, la TB genera un menor impacto en las características sensoriales y nutricionales del alimento, debido a su implementación (Escobar-Hernández, Márquez-Cardozo, Restrepo-Florez & Pérez-Córdoba, 2014).

Por lo tanto, el ofrecer un zapallo mínimamente procesado permitiría a los productores del Valle del Cauca generar mayor valor agregado a la producción de esta hortalizas, entrar a un nuevo mercado cumpliendo con la calidad y seguridad que requiere un producto, estabilizar los precios, dar al consumidor una fuente de compuestos bioactivos en la alimentación, disminuir las pérdidas poscosecha, generar competitividad y mejorar la cadena productiva entre los productores y el producto.

### **1.4.1 Operaciones preliminares en frutas y hortalizas mínimamente procesadas**

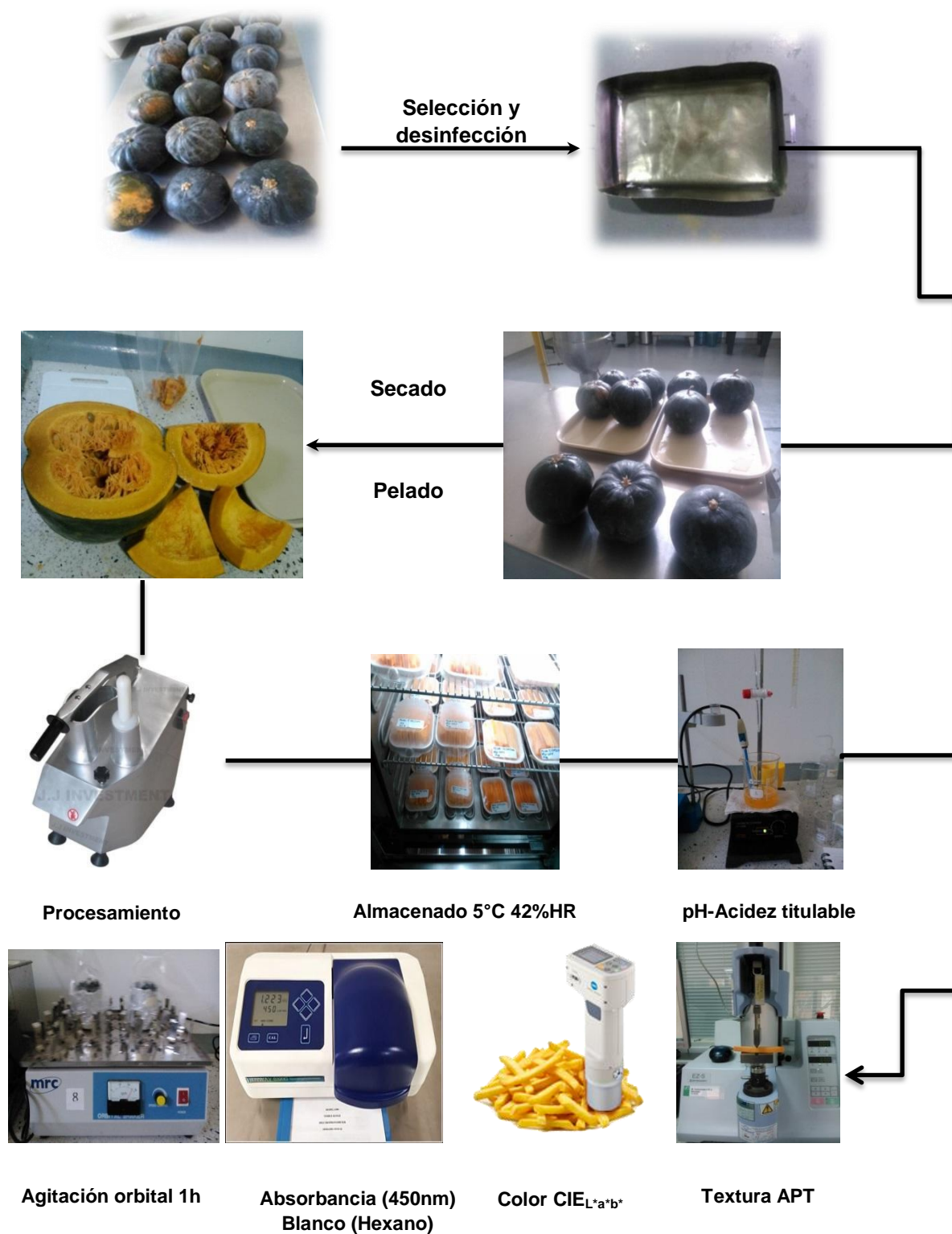
Como proceso fundamental a la hora de realizar algún tipo de procedimiento en un producto en fresco o mínimamente procesado, el fruto deberá presentar un proceso preliminar de selección, escogiendo los mejores frutos (tamaño, apariencia, peso); aquellos que cumplen con los estándares de calidad establecidos. Posterior a ello, el fruto es lavado, desinfectado y clasificado, procediendo al uso de la materia prima. Para el proceso de conservación de los frutos a transformar, se debe tener en cuenta que, estos deben ser tratados una vez se ha realizado su cosecha, ya que esta es una manera de evitar el deterioro tanto de las características físicas como nutricionales.

Por ello, se requieren las etapas de selección, lavado, clasificación, secado, desinfección, corte y pelado, troceado, desinfección, empaque y almacenamiento para obtener el fruto mínimamente procesado. Durante el proceso de preparación del producto mínimamente procesado se realizan todas las respectivas actividades y mediciones de forma adecuada para garantizar un producto de la mejor calidad. En la Figura 1-5 se ilustra lo anteriormente descrito.

#### **1.4.1.1 Selección**

Este es el primer paso que se debe hacer en el proceso de transformación de frutas y hortalizas. Se realiza la separación preliminar de los frutos sin defectos (en perfecto estado), es decir, que no tenga cortes, magulladuras, imperfecciones, daño microbiológico, forma no homogénea, entre otros. (FDA / CFSAN, 2008)





**Figura 1-6** Etapas del proceso del zapallo mínimamente procesado (Autoría propia, 2018)

### **1.4.1.2 Lavado**

La fruta u hortaliza se debe lavar con agua en lo posible que sea potable, para retirar todos los residuos de tierra, microorganismos, materias extrañas y demás impurezas que no sean propios de la fruta u hortaliza. Además del agua potable debe tener hipoclorito de sodio ( $\text{NaClO}$ ) para el saneamiento del fruto, aunque existen en la industria más sales que pueden usarse para hacer la respectiva desinfección (Hurst, 1995).

### **1.4.1.3 Clasificación**

Una vez la materia prima está seca y limpia se procede a la clasificación y separación de toda fruta u hortaliza que no presente uniformidad con el lote respectivamente, en cuanto a madurez, color, forma, tamaño, o presencia de daño mecánico o microbiológico (Meyer & Gactano, 2010; FAO, 2015).

### **1.4.1.4 Desinfección y secado**

La desinfección debe ser con agua potable mediante la adición de hipoclorito de sodio o calcio, y otras sales que se utilizan para el saneamiento adecuado del fruto eliminando así residuos por insectos, plaguicidas, residuos vegetales, tierra y materias extrañas; siendo el hipoclorito de sodio (100 ppm) el más utilizado para la primera etapa de desinfección. (FAO, 2015)

Éste puede lograrse de manera muy sencilla con agua potable, a pesar de que generalmente implica la inmersión del producto en el refrigerador ( $1 - 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), agua desinfectada en un baño o lavado de los tanques que contienen generalmente aproximadamente 50 ppm de cloro libre, se acidifica con aproximadamente 150-200 ppm de ácido cítrico para mantener valores de pH entre 6,5 y 7,5 y obtener mayor eficacia (Artés y Allende, 2014).

Hay variedad de equipos disponibles de pelado: el pelar a mano, mecánicamente, químicamente, o con peladores de vapor de alta presión. Varios de esos equipos tienen métodos capaces de cortar, rallar, triturar y picar productos frescos en piezas de diferentes formas y tamaños. (Allende, Luo, McEvoy, Artés & Wang, 2004)

#### **1.4.1.5 Cortado y pelado**

El tratamiento que se le realice al fruto debe ser lo más higiénico posible, descontaminando la herramienta de corte, en lo posible todas las veces que se use el objeto para disminuir los casos de afectación (FDA /CFSAN, 2008). Lo anterior, con el propósito de que no queden residuos orgánicos, o cualquier otro tipo de elemento extraño que pueda contaminar el proceso de corte e inocuidad del producto. Por lo general, la fase de quitar el epicarpio del mesocarpio, se realiza manualmente y para el cortado o troceado se puede efectuar con diferentes métodos ya existentes. (Allende, Aguayo & Artés, 2004)

#### **1.4.1.6 Troceado**

Una operación muy utilizada e incluida en los diversos procesos de conservación de los frutos es el trozado. Esta es una operación que permite alcanzar diversos objetivos, como la uniformidad en la penetración del calor en los procesos térmicos y en el secado, dando una mejor presentación en el envasado al lograr una mayor homogeneidad en formas y pesos por envase.

El trozado debe contar con herramientas o equipos trozadores que produzcan cortes limpios y nítidos que no involucren, en lo posible, más que unas pocas capas de células, es decir, que no produzcan un daño masivo en el tejido, para evitar los efectos en el cambio de color y un cambio en el sabor del producto. (Meyer & Gactano, 2010)

#### **1.4.1.7 Desinfección**

Por lo general después de trozar se debe presentar una solución desinfectante y concentración de agentes clorados, siendo los más utilizados en el proceso para frutas y hortalizas mínimamente procesadas (Artés, Gómez, Aguayo, Escalona & Artés-Hernández, 2009; Artés, Gómez, Tomás-Callejas & Artés-Hernández, 2011).

#### **1.4.1.8 Empaque**

En países en desarrollo, las hortalizas enteras se transportan en cajas de plástico, sacos de plástico o cabuya y canastas de madera, dependiendo del tipo del fruto, el empaque

puede estar diseñado para almacenamiento a largo y corto plazo. Hay una gama de empaques diseñados con diferentes condiciones (Gautam, Variyar & Sharma, 2015). Por consiguiente, los materiales empleados para el empaque deben tener las propiedades mecánicas y de barrera para proteger el producto de daños mecánicos y también para restringir el deterioro microbiano durante el almacenamiento y transporte al sitio de llegada (Raju, Chauhan & Bawa, 2018). Dicho en otras palabras, el empaque de polietileno se usa para proporcionar un sello hermético y también como un medio de control para características como capacidades antiempañado, permeabilidad y capacidad para sellar a través de un grado de contaminación.

Para el caso de hortalizas mínimamente procesadas existen diferentes tipos de empaques que se utilizan. Empaques tradicionales como lo son los de polietileno de baja densidad PE-LD, poli (cloruro de vinilo) PVC, etileno / acetato de vinilo EVAC, polipropileno orientado OPP) y acetato de celulosa, y empaques como los de atmósfera modificada, los cuales se combinan con la permeabilidad relativa del gas al empaque de la película para llegar a los niveles de  $O_2$  y  $CO_2$  óptimos del producto (Artés, Gómez & Artés-Hernández, 2006). Estos están diseñados principalmente para disminuir los efectos anaeróbicos y la proliferación de microorganismos, en la cual se presenta la oxidación y el deterioro de los productos mínimamente procesados (Artés & Allende, 2014).

Existen frutos muy delicados, para estos se usan empaques de tamaño pequeño, los cuales tengan pocas capas de los frutos para reducir el daño por compresión. Un empaque adecuado que podría usarse sería el de bandejas moldeadas, separando físicamente cada pieza del producto.

Hortalizas como el zapallo mínimamente procesado requieren una mayor permeabilidad al vapor de agua en los empaques, para así poder evitar condensaciones (Wani, Singh, Pant & Langowski, 2015).

#### **1.4.1.9 Almacenamiento**

El producto empacado debe ser trasladado desde la bodega de almacenamiento tan rápido como sea posible, hacia la cámara climatérica. Estos frutos también se pueden envolver por separado (individuales) en papel tisú o encerado. Esto mejora la protección

física y también reduce la propagación de organismos patógenos dentro de un paquete (Ščetar, Kurek & Galić, 2010).

Hay varias clases de almacenamiento, por lo cual debe contar con condiciones de enfriamiento o refrigeración. Como primer aparte se tiene la refrigeración por aire forzado, este método de preenfriamiento, es comúnmente usado para varios productos frescos, y se ha encontrado que es 4-5 veces más rápido que el enfriamiento del cuarto con una distribución uniforme de la temperatura en la paleta. También es rentable en comparación con la refrigeración y la refrigeración por vacío. En el enfriamiento por aire forzado, el aire frío es forzado por un gradiente de presión estática a través de los dos lados de los contenedores del producto. El gradiente de presión está en el rango de 3-25 mm con un valor típico de 12 mm (Fraser, 1991). Este enfriamiento es más adecuado para productos menos perecederos, como papas, cítricos, cebollas, lechuga y manzanas (Rao 2015).

Los productos frescos y cortados o mínimamente procesados se refrigeran bajo ambientes modificados para lograr la vida útil comercial necesaria y consiste en la alteración del medio gaseoso que resulta de los productos de respiración adicionando o eliminando gases en los empaques (Artés & Allende, 2014)

Almacenamientos como el del enfriamiento ambiental, aseguran el contacto apropiado de los contenedores de paletas con el aire frío, haciéndolo eficiente por maximizar la velocidad de enfriamiento. El enfriamiento de la habitación o cuarto se usa a menudo para algunas hortalizas de respiración baja y moderada, como berenjenas, okras, repollos y zapallo, las cuales son almacenadas desde 7-13°C (Gross, Wang & Saltveit, 2016; Raju, Chauhan & Bawa, 2018).

Todos estos procesos desde el ítem 1.4.1.1-1.4.1.9 hacen parte primordial en los productos mínimamente procesados debido a todos los factores que involucran para que un producto sea considerado y certificado como seguro y de calidad.

## **1.5 Propiedades fisicoquímicas que determinan la calidad de las hortalizas frescas y mínimamente procesadas**

Hay propiedades fisicoquímicas que se destacan en muchos estudios científicos debido a la importancia que representan en el comportamiento de los frutos y las cuales pueden garantizar o no la prolongación, seguridad, calidad microbiana y sensorial de la vida útil del producto (Gautam, Variyar & Sharma, 2015). Las hortalizas frescas o listas para comer son seres vivos que poseen características físicas y químicas propias de su fruto que se deben controlar en un entorno que favorezca su estabilidad o prolongación de la vida útil. Parámetros como pH, acidez, peso, color, compuestos carotenoides y textura se pueden ver afectados por malos procesos en la cosecha, poscosecha, almacenamiento, comercialización, distribución y malas prácticas de almacenamiento por parte del consumidor final, esto para frutos frescos y mínimamente procesados. También efectos como cortes o lesiones provocan el rompimiento de tejidos, modifica la permeabilidad celular, provoca alteraciones en su pared celular, activa y aumenta el etileno y la respiración. En ese mismo sentido, se aceleran los índices de  $O_2$  y  $CO_2$ , formando hidroperóxidos, los cuales generan la pérdida del valor nutritivo del producto y causan en los atributos de sabor y el aroma alteraciones (Sasaki, 2005). A continuación se definieron algunas de las variables evaluadas más importantes, que también se pueden observar de una forma más ilustrada en la Figura 1-6:

### **1.5.1 pH y acidez**

Castro (2013) afirma que: “El pH es un factor importante a tener en cuenta para la activación o determinación de los rangos de acción de determinadas enzimas involucradas en el proceso de maduración y transformación de azúcares” (citado por Suarez, Paz-Peña, Echeverría-Restrepo & Mosquera-Sánchez, 2016). Desde la parte microbiológica y sensorial se requiere mantener los valores de pH entre 6.5 y 7.5 para una eficacia óptima del fruto. Sapers (citado por Tapia et al., 2015) afirma que: “Los ácidos orgánicos como acético, benzoico, cítrico, málico, sórbico, entre otros, se encuentran naturalmente en una variedad de frutas y alimentos fermentados”. La acción antimicrobiana de los ácidos se presenta gracias a la reducción del pH en el medio

ambiente, la alteración de la permeabilidad de la membrana que protege el interior del fruto y la acumulación de aniones que disocian los iones de hidrógeno del ácido (Beuchat, 2000). Estos cambios se presentan tanto para alimentos frescos como mínimamente procesados.

### **1.5.2 Pérdida de peso**

La pérdida de peso afecta muchos factores y aún más si se presentan de forma acelerada. Algunas reacciones son el pardeamiento en el fruto, la actividad enzimática y degradación de pigmentos entre ellos las vitaminas (Mohammadi, Hashemi & Hosseini, 2016). También puede causar cambios en los tejidos de la pulpa y cascara (textura), y crecimiento de microorganismos que llevan a la descomposición del fruto (Valverde et al., 2005).

### **1.5.3 Carotenoides**

Los carotenoides son pigmentos naturales que se encuentran en frutas, hortalizas, algas, flores, entre otros y son utilizados como aditivos. Además, estos pigmentos tienen correlación con el color, que también está enlazado con el espectro de la luz y los compuestos carotenoides (fuentes vegetales) (Cieslik, 2006). El color amarillo y rojo se debe a que son compuestos químicos de la familia de los terpenos  $C_{40}$ , los cuales están concentrados en las células de los frutos. En general, los frutos presentan actividad como la Provitamina A (principalmente  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno y  $\beta$ -criptoxantina) (Sartori & Silva, 2014).

Además los carotenoides constituyen un grupo importante en la dieta humana, pues fuera de tener actividad vitamínica, llevan a cabo otras actividades biológicas, incluyendo la capacidad antioxidante (Ordóñez-Santos & Ledezma-Realpe, 2013). Estos pigmentos de los carotenoides reducen el riesgo de enfermedad cardiovascular (aterosclerosis), y además son agentes anticancerígenos (previenen la degeneración macular, carcinomas de la piel y la próstata, entre otros) (Giovannucci, 2011; Nishino et al., 2002; Osganian et al., 2003; Provesi & Amante, 2015; Rao & Rao, 2007; Stacewicz-Sapuntzakis & Bowen, 2005).

Como se dijo unos párrafos adelante, los carotenoides son pigmentos de la familia terpenoide y el  $\beta$ -caroteno es uno de los actores principales de concentración en el zapallo. Este acumula cantidades mayores cuando en su proceso de cosecha (crecimiento) interactúa con la luz; este efecto no es más que la fotocarotenogénesis (Mosqueda-Caro & Gutiérrez-Corona, 1995). Aunque la luz, el oxígeno y la temperatura son propulsoras en la carotenogénesis de los frutos, estos también inducen la degradación de carotenoides, cuando hay mayor disponibilidad de oxígeno y por la estructura que tenga el carotenoide (Rodríguez-Amaya, Kimura, Godoy & Amaya-Farfan, 2008).

#### **1.5.4 Color superficial**

Wyszecki y Stiles (2000) definen que el color percibido:

Es el aspecto de la percepción visual por el cual un observador puede distinguir diferencias entre dos campos de visión del mismo tamaño, forma y estructura, causada por diferencias en la composición espectral de la radiación incidente, de la capacidad del objeto para transformarla.

Desde un punto de vista más comercial es un atributo sensorial de apariencia de los productos; su observación permite detectar ciertas anomalías y defectos. Aunque este parámetro algunas veces visualmente puede ser objetivo y subjetivo a la vez (Abdullah, Guan, Lim, & Karim, 2004). Esto debido a que en la apreciación del color actúan diversos aspectos como el observador, el tamaño del producto, la luz y el ángulo de observación, entre otros. Justamente porque en cuerpos iluminados este absorbe una parte de las ondas electromagnéticas y refleja las restantes (Silva, Denoya, Languasco & Della, 2013).

De la misma forma, permitiendo realizar clasificación de los productos, evaluar materias primas, realizar un control de procesos, medir la degradación de un producto (propiedades nutricionales), conservar en atmósferas controladas para desacelerar su degradación, entre otros. (Delmoro, Muñoz, Nadal, Clementz & Pranzetti, 2010)



En las hortalizas, pigmentos como la clorofila y carotenoides son los principales responsables de este atributo de calidad y este puede ser medido instrumentalmente (colorímetro) al pronosticar la percepción visual de los frutos, realizándolo de una forma rápida y sencilla, al instaurar el espacio colorimétrico en función de las tres coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$ , y  $b^*$  (luminosidad, color verde a rojo, azul a amarillo, respectivamente) (Cuastumal, Valencia & Ordóñez, 2016).

### **1.5.5 Textura**

Las propiedades texturales son importantes para la cadena de valor, debido a que el sector agroindustrial de frutas y hortalizas en países en desarrollo como Colombia debe proyectarse a buscar nuevos mercados que satisfagan la necesidad y gusto del cliente. Este factor es elemental en alimentos frescos y mínimamente procesados, porque propiedades como la firmeza se utilizan considerablemente en el momento de establecer la calidad. Asimismo, existen índices que determinan la calidad de estos, de los cuales están, la exposición al sol, la temperatura, la humedad del suelo y los cambios climáticos durante la etapa de crecimiento. Si cada uno de estos indicadores es favorable, podría haber cumplimiento de las condiciones requeridas de calidad sensorial para el consumo a largo plazo del producto. (Farag, Lyng, Morgan, & Cronin, 2009; Goddard, Panhorst, Kelly, Cullen, Reynolds & Anderson, 2015).

Por lo tanto, la medición de la textura es una de las técnicas y procedimientos físicos y químicos más comunes en los alimentos de investigación y la práctica industrial. En lo que corresponde, estos instrumentos de medición de textura proporcionan series de tiempo de deformación de la muestra. La fuerza que se ejerce sobre el alimento se maneja para recrear distintas condiciones en las que el alimento, simula las sensaciones o interacciones que se provocan en el paladar de un ser humano. Entre otras de las clasificaciones de calidad se tiene calidad del alimento en fresco, si está maduro, tierno, suave, entre otros (Silva, Denoya, Languasco & Della, 2013). Para esto es necesario evaluar los atributos de adhesividad, cohesividad, gomosidad, dureza, elasticidad, masticabilidad los cuales conjuntamente realizan un análisis de perfil de textura (ATP) y se realiza en hortalizas recién cortadas las cuales sufren deterioro, en gran parte debido a cambios en el color, textura, olor y parámetros bioquímicos (Ranjithaa et al., 2017).

## 2. Estado del arte

El fruto del zapallo se considera como una de las hortalizas que presenta un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas altamente benéficas para la salud del ser humano. Estudios sobre el almacenamiento de zapallo fresco y mínimamente procesado son escasos en la literatura científica. Sin embargo, en las últimas dos décadas, algunas publicaciones sobre productos similares al zapallo contienen información relacionada con factores de almacenamiento. En una revisión exhaustiva en bases de datos usadas a nivel mundial, se ingresaron palabras como: “Pumpkin”, “Pumpkin *cucurbita* fresh”, “Pumpkin minimally processed”, “Pumpkin *cucurbita* minimally processed”, “pumpkin *cucurbita* fresh cut” de las cuales el resultado que arrojó fue de 77 artículos en Scopus, 574 en Science Direct, 281 en Taylor Francis Group, 292 ACS Publications, 123 en Redalyc, 53 en NCBI, 34 en Springer, 20 en Wiley Online y 12 en Scielo; de los cuales solo 10 tuvieron similitud con el presente estudio de zapallo (*Cucurbita moschata*) fresco y mínimamente procesado. En la Tabla 2 se presentan los principales estudios publicados en el periodo 2001-2016.

En la Tabla 2, se evidenció que países de América como Brasil, México, Argentina han dedicado una parte de su tiempo para investigar el comportamiento del zapallo en fresco y mínimamente procesado, este último mucho más. En el hemisferio Nororiental existen estudios con una amplia gama tecnológica los cuales estudian este fruto; sin embargo, entre la diversidad de estos, se carece de estudios sobre el almacenamiento de zapallo fresco y mínimamente procesado. Un conglomerado de investigaciones están enfocados a realizar estudios sobre la historia, la fisiología, química, física, tiempo de cosecha, transformación de su materia prima, utilización de residuos y sobrantes, entre otros; pero no precisamente enfocados a lo que se realizó en esta investigación.

Para concluir, estas investigaciones científicas indicadas en la Tabla 2, presentaron la respectiva caracterización para zapallo fresco y mínimamente procesado, con un panorama que precisa los parámetros que se deben tener en cuenta y son relevantes para la toma de decisiones posteriores al presente estudio. Entre la materia prima investigada en la tabla estuvo la del zapallo mayormente, seguida del calabacín y demás

hortalizas, estos dos primeros tuvieron en cuenta parámetros de temperatura, tiempo, humedad relativa, tipo de empaque y en menor proporción de concentraciones de soluciones antimicrobianas, recubrimientos y atmosfera modificada. Entre esos parámetros la temperatura fue de 1-23°C, tiempo 8-20 días y humedad relativa de 75-95%. Por último, la mayoría de estas investigaciones presentaron similitud a la hora de citar el tiempo promedio en que los productos presentaban condiciones adecuadas para la comercialización y almacenamiento del producto, dando como resultado 8 días, 10°C y una humedad relativa mayor a 75%.

**Tabla 2** Estudios realizados de zapallo fresco y mínimamente procesado

AUTOR	TÍTULO DE ESTUDIO	PRINCIPALES CONCLUSIONES DEL ESTUDIO
Habibunnisa, Baskaran, Prasad & Shivaiah (2001)	Comportamiento de almacenamiento de zapallo mínimamente procesado ( <i>Cucurbita maxima</i> ) en condiciones de envasado en atmósfera modificada	Zapallo mínimamente procesado, se empaco en diferentes bolsas de poliméricas de permeabilidades variables, usando una atmósfera modificada de equilibrio activo dentro del empaque para la prolongación de la vida de almacenamiento, estudiando componentes bioquímicos, tales como vitamina C, sólidos solubles totales, humedad, carotenoides y acidez titulable. Como resultado se evidencio que el zapallo en cubos tipo control tuvo un tiempo de almacenar optimo entre 15-20 días en un sistema de empaquetado (MAP). Mientras que los zapallos con otros empaques dieron mejores resultados para las temperaturas más altas ( $13\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) con un tiempo de almacenamiento durante un período de 10 y 1 día, respectivamente, en sistemas de empaque similares.
Roura, Moreira & Valle (2004)	Tiempo de vida útil del zapallo dicada listo para usar en fresco	En esta investigación se estudió la vida útil del zapallo cortado en cubos lista para usar, almacenándolos durante 16 días a $10-12^{\circ}\text{C}$ y 95%HR de humedad relativa. Se determinó el contenido de ácido ascórbico (AA), humedad, contenido de sólidos solubles, acidez titulable, pH, pérdida de peso, entre otros. Al final del almacenamiento, se observó una pérdida de peso del 1,5%. El contenido de sólidos solubles y las proporciones de acidez de Brix aumentaron durante el almacenamiento fresco.

AUTOR	TÍTULO DE ESTUDIO	PRINCIPALES CONCLUSIONES DEL ESTUDIO
Silva, Oliveira, Yagui, Carnelossi, Muniz & Narain (2009)	Temperatura y embalaje para zapallo mínimamente procesado	Estos autores evaluaron temperaturas de almacenamiento y embalajes para zapallo mínimamente procesada. Los trozos (5 × 10 cm), se empacaron en bandejas de poliestireno recubiertas con película polivinilcloruro y en empaque de polietileno de alta densidad al vacío. El producto se mantuvo a 5 y 10 °C durante un período de 12 días, en el cual cada 3 días se evaluó el contenido de sólidos solubles, acidez total titulable, pH, vitamina C y coloración. El empaque que permitió mayor conservación de los atributos de calidad del zapallo hasta el día 9, exceptuando el color fue el de la película PVC.
Alves, Boas, Souza, Boas & Piccoli (2010)	Vida Útil de Productos Mínimamente Procesado Compuesto por Calabaza, Zanahoria, chayote y Arracacha	Evaluaron el efecto del tiempo de almacenamiento sobre la calidad de producto mínimamente procesado a base de hortalizas: calabaza ( <i>Cucúrbita moschata</i> Duch), zanahoria ( <i>Daucus carota</i> L.), chayote ( <i>Sechium edule</i> Swartz) y arracacha ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft). Cada una de las hortalizas fue cortada (2 x 2 x 1 cm), a estos empaques flexibles de polietileno de baja densidad lineal (25 x 20 cm) con tasa de permeabilidad para O <sub>2</sub> 1700 cm <sup>3</sup> m <sup>2</sup> , adicionando 400gr de la mezcla de cada una de las hortalizas, fueron sellados al vacío. Todos ellos conservaron las condiciones de calidad hasta el día ocho y fueron almacenados en cámara fría a 5°C ± 1 y 90HR± 5 %.
Alves, Boas, Boas & Souza (2010)	Calidad de producto mínimamente procesado a base de zapallo, zanahoria, chayote y arracacha	El objetivo de la investigación se enfocó en evaluar la calidad de producto mínimamente procesado, con base a cuatro hortalizas (zapallo, zanahoria, chayotes y arracacha), almacenados a 5 °C durante 8 días. Durante el almacenamiento, la de acidez titulable disminuyó en el zapallo y demás hortalizas. El contenido de β-caroteno del zapallo, zanahoria y la arracacha aumentó. El pH de las cuatro hortalizas aumentó con el almacenamiento. Los contenidos de sólidos solubles no afectaron el zapallo ni el chayote. Se concluye que la vida útil, entendida bajo los aspectos nutricionales, sensoriales y microbiológicos para estas hortalizas mínimamente procesadas, fue adecuada hasta el día 8 bajo refrigeración.

AUTOR	TÍTULO DE ESTUDIO	PRINCIPALES CONCLUSIONES DEL ESTUDIO
Boas, Alves & Boas (2011)	Efecto del tipo calabacín 'chica brasileña' calidad en fresco-cortado	Calabacines mínimamente procesados se almacenaron a 5 °C durante 15 días, estos fueron empacados en polipropileno rígido, con tapas del mismo material y con contenidos de calabacín rebanado y rallado. El que presento mayor conservación de los atributos de calidad fue la presentación de calabaza en rebanadas. Entre las propiedades estudiadas del calabacín estuvieron el pH, sólidos solubles, L*, entre otros. Donde el pH del calabacín en rodajas fue inferior al rallado y se evidencio una diferencia estadística en L* entre los valores del calabacín en rodajas y rallado.
Urías et al. (2012)	Estado Hídrico y Cambios Anatómicos en Zucchini ( <i>Cucúrbita Pepo</i> L.) almacenado	En este trabajo de investigación se evaluó el efecto de la temperatura de almacenamiento en el estado hídrico, la integridad celular y la calidad postcosecha del fruto de calabacita tipo Zucchini cv. 'Raben'. Estos frutos maduros se almacenaron por 12 días a 10 y 20 °C con humedades relativas de 85 a 87 %. Los factores de estudio fueron pérdida de peso, marchitamiento, contenido relativo de agua (CRA), análisis de perfil de textura TPA, entre otros. Los primeros síntomas de marchitez del fruto aparecieron cuando hubo 6 % de pérdida de peso. La integridad del tejido se vio afectada, debido a una pérdida de adhesión de las células de la zona externa e interna del calabacín. En conclusión la temperatura de almacenamiento de 10 °C retrasó significativamente la pérdida de agua y la aparición de plasmólisis celular de los tejidos, a diferencia de los frutos almacenados a 20 °C los cuales presentaron un efecto negativo en la adhesividad las células de la pulpa las cuales colapsadas.
Russo, Daiuto, Santos, Lozano, Vieites & Vieira (2012)	Calidad del zapallo recién cortado almacenado en atmósfera modificada activa	Los autores evaluaron el efecto de atmósfera modificada activa en la calidad de zapallo mínimamente procesado (MP), realizando análisis de pérdida de masa, acidez total (AT), pH, sólidos solubles (SS), firmeza, color, contenido de carotenoides, entre otros. Los trozos de zapallo fueron acondicionados en empaques plásticos y sometidos a la aplicación de gases. Los tratamientos se almacenaron a una temperatura de 5 °C y una humedad relativa de 75% durante 12 días. Se concluyó que el producto mínimamente procesado de zapallo puede conservar su calidad hasta el noveno día de evaluación en atmósferas

		de 6 y 7% de CO <sub>2</sub> y 4% de O <sub>2</sub> siendo estas las más indicadas en este estudio para el almacenamiento a la temperatura de 5 °C.
Cortez-Vega, Brose Piotrowicz & Dellinghausen Borges (2014)	Influencia de diferentes recubrimientos comestibles en zapallo mínimamente procesado ( <i>Cucúrbita moschata</i> Duch)	Evaluaron la conservación de la calabaza procesada mediante el uso de recubrimientos comestibles a base de goma de xantano, almacenados durante 12 días a 4°C. Realizaron cinco tratamientos con diferentes dosis de glicerol, quitosano, goma de xantano y guar. Estudiaron el análisis fisicoquímico de la pérdida de peso, firmeza, pH, acidez, color y características microbiológicas. Los recubrimientos a base de goma de xantano fueron efectivos, reduciendo la pérdida de peso, manteniendo la firmeza, el color y el control de los microorganismos psicrófilos. Además los diferentes recubrimientos fueron efectivos para reducir la pérdida de peso, el color y el control de los microorganismos. En conclusión, el revestimiento que mejoro la calabaza fue únicamente la goma de xantano.
Sasaki, Aguila, Gallo, Jacomino & Kluge (2014)	Cambios fisiológicos, cualitativos y microbiológicos del zapallo mínimamente procesado almacenada a diferentes temperaturas	Los autores propusieron estudiar las alteraciones fisiológicas, microbiológicas y de la calidad de zapallos mínimamente procesados y almacenados a 1°C, 5°C y 10°C, y 85-90% HR. Los resultados de estos frutos presentaron un incremento en la pérdida de masa fresca; y hubo reducción en los sólidos solubles, ácido ascórbico y carotenos totales. Los zapallos cortados en fresco y almacenados a 1°C presentaron bajas perdidas de sólidos solubles, carotenos totales, entre otros.
Blanco-Díaz, Pérez- Vicente & Font (2016)	Calidad del calabacín mínimamente procesado afectado por cultivar, madurez en el procesamiento y envasado	Presentaron la viabilidad de un procesamiento mínimo de cuatro cultivares de calabacín en dos etapas de madurez, inmaduras (MS1) y maduras (MS2), almacenados a 6 °C durante 10 días en diferentes condiciones de empaque, donde el primero (25 µm de espesor) era de alta permeabilidad, mientras que la otra película (40 µm de espesor) era de baja permeabilidad. Se observó un efecto negativo en la calidad final después del procesamiento en MS1 como resultado de una tasa de respiración más alta y el consumo sólido soluble contribuyó a la pérdida de firmeza, decoloración del corte y menos calidad general. En conclusión, el procesamiento de calabacín más maduro y el empaque de película de 25 µm fueron la combinación más efectiva para preservar la calidad.

AUTOR	TÍTULO DE ESTUDIO	PRINCIPALES CONCLUSIONES DEL ESTUDIO
Andón-Sánchez, Chávez-Jáuregui & Wessel-Beaver (2016)	Cambios de calidad y microbiológicos en zapallo tropical mínimamente procesado empacado en bolsas de polietileno de baja densidad	<p>Estos autores evaluaron la calidad y los cambios microbiológicos del zapallo mínimamente procesado empacado en bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) al vacío y sin almacenados durante 20 días. Para este estudio se obtuvieron piezas de zapallo de aproximadamente 2 cm<sup>3</sup> de dos cultivares (Taina Dorada y Soler). Las piezas fueron sumergidas en una solución antimicrobiana que contenía ácido cítrico (0,2%) y benzoato de sodio (0,1%) durante 3 minutos, se empacaron y se almacenaron a 4 °C ± 2. Se evaluaron cinco tratamientos de almacenamiento / empacado para zapallo mínimamente procesado: (1) zapallo crudo (control, día 0), (2) al vacío y evaluado en día 15, (3) al vacío y evaluado el día 20, (4) sin vacío y evaluado el día 15, y (5) sin vacío y evaluado el día 20. Los tratamientos por variedad fueron significativos para el pH. Para el caso de firmeza promedio, esta fue significativamente mayor en los tratamientos no empacados al vacío, mientras que para el tiempo no se presentaron diferencias significativas. Las piezas para el parámetro L* tuvieron un efecto significativo sobre la variable de los empaques, en estos dos la luminosidad disminuyó al paso de los días.</p>

### 3. Estudio de condiciones de almacenamiento para zapallo (*Cucúrbita moschata* D Var. Bolo verde) fresco

#### RESUMEN

El zapallo es una hortaliza que contiene rica fuente de nutrientes y vitaminas, la cual es producida a nivel mundial. En Colombia este producto es muy ofertado en las plazas mayoristas y minoristas, sobretodo en presentaciones en fresco (entero). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del tiempo, temperatura y humedad relativa de almacenamiento sobre las variables de pH y acidez, peso, color  $CIE_{L^*a^*b^*}$ , carotenoides totales y parámetros de textura de zapallo (*Cucúrbita moschata* D. Var Bolo verde) en fresco. Para ello, este producto se almacenó a diferentes condiciones de temperatura (10, 16 y 28°C) y humedad relativa (HR: 50 y 70%), por un tiempo total de 15 días (0, 5, 10 y 15). De las condiciones evaluadas las variables más afectadas fueron pérdida de peso Pp,  $\Delta E$  e índice de amarillamiento IA. En consecuencia, las condiciones que mejor se ajustaron a las características de calidad fueron 15 días, 16°C y 70%HR, para las cuales la pérdida de peso fue de  $6.73 \pm 1.65$ , seguido de  $L^* 62.40 \pm 2.97$ ,  $C^\circ 57.61 \pm 2.48$ ,  $h^\circ 67.63 \pm 0.19$ ,  $\Delta E 5.44 \pm 0.06$ , IA  $122.21 \pm 10.90$  y CT  $639.61 \pm 20.27$  ( $\mu g/g$ ), firmeza  $226.64 \pm 19.37$  N, adhesividad  $0.03 \pm 0.02$  N\*mm, cohesividad  $0.68 \pm 0.06$ , elasticidad  $4.43 \pm 0.72$ , gomosidad  $92.94 \pm 2.87$  N y masticabilidad  $410.80 \pm 54.50$  N. Estos resultados se ajustaron al rango de las especificaciones reportadas en la literatura científica sobre zapallo, considerándose adecuado para su comercialización y consumo. Para el caso de 28°C se observó desde el quinto día un comportamiento drástico de senescencia en cada una de las variables.

**Palabras claves:** Color, carotenoides, pérdida de peso, firmeza, consumo.



## ABSTRACT

The squash is a rich vegetable source of nutrients and vitamins produced worldwide. In Colombia, this product is very popular in wholesale and retail outlets, especially in fresh (whole) presentations. The objective of this study was to evaluate the effect of storage time, temperature and relative humidity on pH and acidity variables, texture parameters, weight, total carotenoids and  $CIE_{L^*a^*b^*}$  color of squash (*Cucurbita moschata* D. Var. Bolo verde) fresh. For this, this product was stored under different temperature conditions (10, 16 and 28 ° C) and relative humidity (RH: 50 and 70%), for a total time of 15 days (0, 5, 10 and 15). Of the conditions evaluated, the most affected variables were WI,  $\Delta E$  and YI. Consequently, the conditions that best adjusted to the quality characteristics were 15 days, 16 ° C and 70% RH, for which the weight loss was  $6.73 \pm 1.65$ , followed by  $L^* 62.40 \pm 2.97$ ,  $C^\circ 57.61 \pm 2.48$ ,  $h^\circ 67.63 \pm 0.19$ ,  $\Delta E 5.44 \pm 0.57$ , YI  $122.21 \pm 10.90$  and TC  $639.61 \pm 20.27$  ( $\mu\text{g/g}$ ),  $C^\circ 57.61 \pm 2.48$ ,  $h^\circ 67.63 \pm 0.19$ ,  $\Delta E 5.44 \pm 0.06$ , IA  $122.21 \pm 10.90$  y CT ( $\mu\text{g/g}$ ), firmness  $226.64 \pm 19.37$  N, adhesiveness  $0.03 \pm 0.02$  N\*mm, cohesiveness  $0.68 \pm 0.06$ , elasticity  $4.43 \pm 0.72$ , gomosity  $92.94 \pm 2.87$  N and chewiness  $410.80 \pm 54.50$  N. These results were adjusted to the range of the specifications reported in the scientific literature on squash, considering it suitable for commercialization and consumption. In the case of 28 °C, a drastic senescence behavior was observed in each of the variables from the fifth day.

**Keywords:** Color, carotenoids, weight loss, firmness, consumption.

## INTRODUCCIÓN

El zapallo es un vegetal perteneciente al género *Cucúrbita*, la familia Cucurbitácea y tiene numerosas especies que integran esta familia, representada por cerca de 120 géneros y 800 especies (Wend & Sun, 2011; Della & Rodríguez, 2013). Entre las especies domesticadas por el hombre se tiene la *Cucúrbita máxima*, *Cucúrbita pepo*, *Cucúrbita moschata* y *Cucúrbita mixta* y son fuente importante de carotenoides (Azevedo & Rodríguez, 2007). El zapallo es nativo de zonas tropicales y subtropicales como México y Sudamérica en donde su consumo es constante y con alta demanda local (Bisognin, 2002; Jun, Lee, Song & Kima, 2006). Para el año 2016, el país con mayor producción a nivel mundial fue China con 7,84 millones de toneladas y a nivel de Suramérica fue Argentina con 2,72 mil toneladas (FAOSTAT, 2018). Para el mismo año Colombia presentó una producción de 105543 toneladas, de las cuales el departamento del Cesar obtuvo la mayor participación con 31174 toneladas y el Valle del Cauca obtuvo 7544 toneladas y se ubicó en el sexto lugar a nivel nacional. El municipio de Palmira produjo 249 toneladas y se ubicó en el octavo lugar en su región (Agronet, 2018).

Esta hortaliza se caracteriza por presentar en los tejidos de su mesocarpio tonalidades que van del amarillo intenso al naranja, parte del porque se da es la presencia de pigmentos con alto contenido de carotenoides (Zhang, Zhang, Mazourek, Tadmor & Li, 2014). Estos cumplen una función importante en el organismo humano, debido a sus propiedades antioxidantes. Por lo tanto, el zapallo es clasificado como un alimento nutraceutico, ya que además de nutrir, su consumo puede mejorar la salud (Jacobo-Valenzuela, Maróstica-Junior, Zazueta-Morales & Gallegos-Infante, 2011), combatiendo enfermedades degenerativas, enfermedades cardiovasculares y cataratas (Boiteux et al., 2007; Lidebjer, Leanderson, Ernerudh & Jonasson, 2007; Rodríguez-Amaya, Kimura, Godoy & Amaya-Farfan, 2008; Shi et al., 2013). Además, estos pigmentos actúan como trampas de radicales libres y por lo tanto, pueden jugar un papel importante en la prevención del cáncer (Lee & Kader, 2002). Razón por la cual es un alimento esencial para la dieta de las comunidades rurales y algunas zonas urbanas (Zhou et al., 2014), siendo utilizado en preparaciones de jugos, sopas, tortas, dulces, galletas, postres, ensaladas, purés, espaguetis, entre otras (Guiné, Henriques & Barroca, 2012). Por otro lado, se ha investigado la incorporación de zapallo en productos de panificación a nivel

industrial como pan, espagueti, galletas, entre otros (Doymaz, 2007; Guiné, Henriques & Barroca, 2012; Montes, Vallejo & Baena, 2004).

En el zapallo se ha reportado presencia de contenidos relativamente altos en carotenoides provitamina A ( $\alpha$  y  $\beta$ -caroteno), luteína y neoxantina (Azevedo-Meleiro & Rodríguez-Amaya, 2007; Rodríguez-Amaya, Kimura, Godoy & Amaya-Farfan, 2008; Carvalho, Smiderle, Carvalho, Cardoso & Koblitz, 2014). Además esta amplia gama de carotenoides comunes posee concentraciones estimadas de:  $\beta$ -caroteno (0,06-7,4 mg/100 g),  $\alpha$ -caroteno (0-7,5 mg/100 g) y la luteína (0 a 17 mg/100 g) (Murkovic, Mülleder & Neunteufl, 2002). Jun, Lee, Song & Kima (2006) encontraron adicionalmente en la variedad *C. moschata* altas concentraciones de pectina, sales minerales, caroteno, vitaminas y otras sustancias benéficas para la salud humana. Esto confirma una vez más la importancia de consumir este fruto y tenerlo presente para incluirlo entre los alimentos de la canasta familiar y la dieta diaria.

Este fruto representa uno de los tipos de vegetales no climatéricos cuya estabilidad se ve afectada por las inadecuadas prácticas poscosecha (defecto en la manipulación, golpes, procesos de cosecha a temperaturas ambientales elevadas, manejo inadecuado de lavado y desinfección del fruto, entre otros) debido a que generalmente es almacenado a la intemperie o en lugares en condiciones precarias (con poca estabilidad y duración) y a su manipulación no apropiada (Urías et al., 2012). Por lo tanto, es expuesto constantemente a la humedad, luz, plagas y a temperaturas elevadas (aprox. 20-30°C), acelerando reacciones químicas y biológicas, afectando características de calidad del fruto como propiedades físicas (color y textura), fisicoquímicas (pH, acidez, humedad) (Jun, Lee, Song & Kima, 2006) y contenido de compuestos bioactivos (carotenoides) (Jacobo-Valenzuela et al., 2011), acelerando también de este modo las pérdidas del producto, todo esto muchas veces por ser dejadas a la intemperie almacenadas o en lugares con pocas condiciones básicas de cuidado y protección. Además, en la senescencia de este fruto intervienen una serie de reacciones tanto físicas, como químicas y biológicas, que contribuyen a la pérdida de peso, ablandamiento de la epidermis del fruto, disminución en la acidez, aumento en pH y degradación de compuestos bioactivos (Muzzaffar et al., 2016).

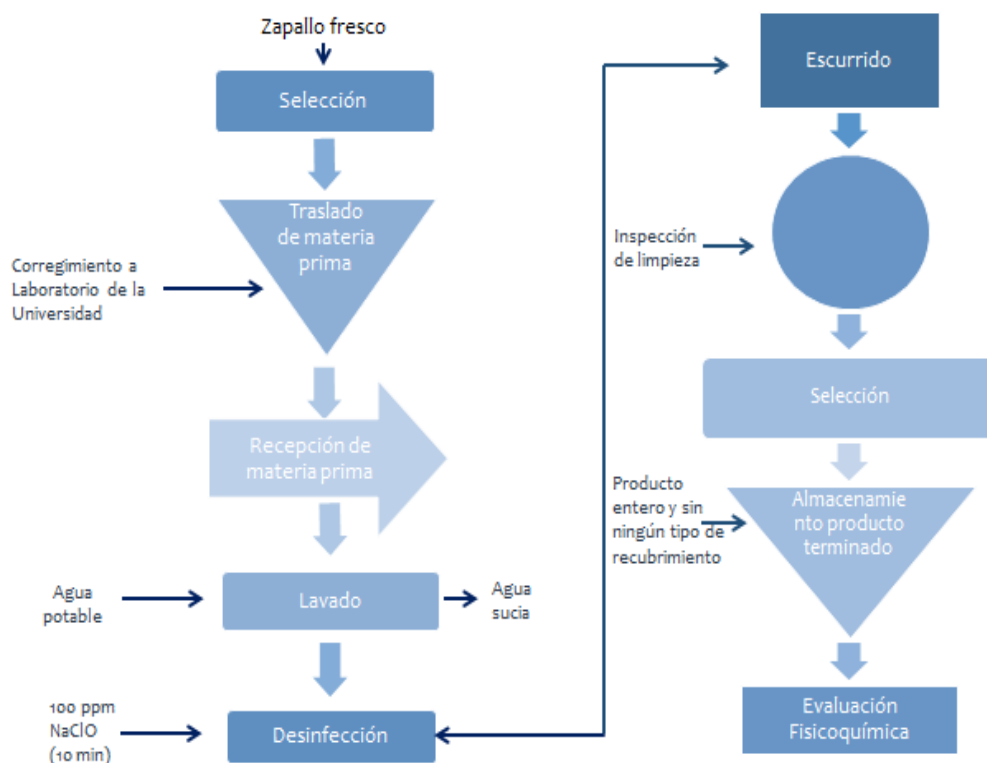
A la fecha existen pocos estudios publicados sobre el efecto del almacenamiento en las propiedades fisicoquímicas del zapallo fresco. Uno de los estudios evaluó la composición y el contenido de carotenoides ( $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno, luteína, violaxantina, neoxantina) en los frutos maduros y en el periodo de maduración de varias especies de *Cucúrbita*. De acuerdo con lo anterior, los frutos que obtuvieron mayor concentración de  $\alpha$ -caroteno ( $66,70 \pm 9,10 \mu\text{g/g}$ ),  $\beta$ -caroteno ( $26,80 \pm 5,10 \mu\text{g/g}$ ) y luteína ( $18,30 \pm 5,00 \mu\text{g/g}$ ) fueron los de la variedad *cucúrbita moschata* (Azevedo-Meleiro & Rodríguez-Amaya, 2007; Obrero et al., 2013). En cuanto a factores como carotenoides, no se sabe mucho sobre la acumulación de estos y su regulación (carotegénesis) durante el almacenamiento (Zhang et al., 2014; Guiné & Barroca, 2012). Para el caso de Colombia no se han reportado estudios publicados que evidencien algún tipo de investigación sobre el comportamiento del fruto de zapallo fresco durante su almacenamiento. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del tiempo, temperatura y humedad relativa de almacenamiento sobre las variables de pH, acidez titulable, pérdida de peso, color  $\text{CIE}_{L^*a^*b^*}$ , carotenoides totales y parámetros de textura en zapallo (*Cucúrbita Moschata* D.) Bolo Verde en fresco.

## 3.1 Materiales y métodos

### 3.1.1 Material vegetal

Para el presente estudio se emplearon (16 frutos para cada condición) 35 kg por cada temperatura, con un diámetro axial de 20cm y ecuatorial de 25cm de zapallo (*Cucúrbita moschata* D. Var Bolo verde) para cada una de las condiciones del estudio, proveniente del corregimiento de Cabuyal (3° 19' 60" Norte, 76° 21' 0" Este) (Candelaria, Valle del Cauca), ubicado a 995 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 25°C (The Weather Channel, 2016). Ésta materia prima se escogió debido a que es producida y comercializada por los productores del Valle del Cauca en las zonas rurales de los municipios que impactaban el proyecto de regalías “Desarrollo de un sistema agroindustrial rural competitivo en una Bioregión del Valle del Cauca” siendo estos mismos beneficiados por él. Se recolectó en estado de madurez comercial, presentando características homogéneas de color del mesocarpio del fruto ( $L^* = 62,84$ ,  $a^* = 18,61$ ,  $b^* = 48,19$ ) y un peso aproximado de  $1,5 \pm 0,5$  kg por fruto. El material vegetal fue dividido en 4 lotes para ser sometido a la secuencia de operaciones requeridas para su

acondicionamiento. El lavado se realizó con agua potable en una relación 1:4 (v/v); posteriormente, la materia prima se desinfectó con hipoclorito de sodio en una concentración de 100 ppm durante 10 minutos y se dejó secar el exceso de agua a temperatura ambiente (27°C). Una vez seco, se procedió a pesar cada uno de los zapallos en una balanza gramera (Ohaus, CL 5000, China) y se almacenaron a diferentes condiciones por un tiempo total de 15 días, (10, 16 y 28) °C de Temperatura y 50-70 % de Humedad Relativa (HR) empleando una cámara climática (MEMMERT ICH 260 L, Alemania), en la cual fueron almacenados enteros y sin ningún tipo de recubrimiento ni empaque. En la parte inferior el texto podrá encontrar el proceso de acondicionamiento que se le realizó al de zapallo fresco previo a realizarle los estudios (Figura 3-1).



**Figura 3-1** Diagrama de flujo del proceso de acondicionamiento de zapallo fresco

### 3.1.2 Análisis fisicoquímico para zapallo fresco

A continuación se relacionan cada una de las pruebas fisicoquímicas que se realizaron a las muestras de zapallo en fresco durante el estudio de almacenamiento en los días 0, 5, 10 y 15:

#### pH y acidez

Para la determinación de pH y acidez se pesaron 5 g de mesocarpio del zapallo, los cuales fueron llevados a un extractor mecánico (Black & Decker, JE 1500, China) el cual lo proceso hasta su homogenización y seguido a esto fueron mezclados con 50 mL de agua destilada en proporción 1:10 v/v, hasta obtener una disolución uniforme. Se determinó el pH según el método 981.12/90 de la AOAC utilizando un pH metro (Sper Scientific, Benchtop pH / MV Meter - 860031, Arizona, EE.UU) previamente calibrado con soluciones tampón de 4,01 y 7,00. Para la determinación de acidez (g ácido cítrico/ 100 g de pulpa) se tituló con hidróxido de sodio 0,1 N y fenolftaleína (3 gotas) hasta llegar a una débil coloración rosada permanente en la solución de pH 8,1. El grado de acidez se determinó como porcentaje de ácido cítrico, según el método adaptado 942.05/90 de la AOAC y 11289/1993 ISO, la acidez con la técnica ATT (% ácido cítrico/100 g de muestra b.s), AOAC 920.43 (2005). Este experimento se realizó por triplicado para cada una de las variables.

#### Pérdida de peso

Para determinar la pérdida de peso se realizó de acuerdo al protocolo descrito por Achipiz, Castillo, Mosquera, Hoyos & Navia (2013), donde se pesó en la balanza gramera (digital) (Ohaus, México) para determinar la variación en el tiempo ecuación (1):

$$\%Pp = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100 \text{ Ec. (1)}$$

Dónde: %Pp porcentaje de Pérdida de peso, Pi Peso inicial, Pf Peso final.

#### Carotenoides totales

La extracción y cuantificación de los carotenoides se realizó de acuerdo al protocolo modificado y utilizando la ecuación (2) descrita previamente por Martínez-Girón, Rodríguez-Rodríguez, Pinzón-Zárate & Ordóñez-Santos (2017). Donde 0,10 g de

mesocarpio se extrajo previamente, se disolvió con una solución de 7 mL etanol-hexano 4:3 v/v, posterior a esto las muestras fueron llevadas a un agitador planetario durante 1 h a 250 rpm. Al cumplir la hora, se adicionó a cada tubo 1 mL de agua destilada y se continuó la agitación durante 10 min más. Una vez separada la fase acuosa y la fase orgánica, 2,5 mL de esta última fueron retirados y fueron trasvasados a un tubo limpio. Finalmente, la absorbancia del extracto obtenido se midió en el espectrofotómetro (JENWAY 6320D, 2014) a 450 nm frente a un blanco de hexano y la concentración de los carotenoides ( $\mu\text{g/g}$ ) se determinaron aplicando el coeficiente de extinción  $\varepsilon_{1\text{cm}}^{1\%} = 2560$  de  $\beta$ -caroteno en hexano (Hart & Scott, 1995).

$$CT = \frac{Abs_{450nm} * v \text{ (mL)} * 10^5}{\varepsilon_{1\text{cm}}^{1\%} * p_g} \text{ Ec. (2)}$$

## Color

El color superficial de las muestras del mesocarpio del zapallo se evaluaron usando un colorímetro (Konica Minolta, Croma Meter-CR-400, Japón), considerando el protocolo descrito por De Belie, Schotte, Coucke & De Baerdemaeker (2000) y Ordóñez-Santos, Martínez-Girón & Arias-Jaramillo (2017). Estas muestras obtenidas luego de cortar una porción del zapallo, fueron medidas por triplicado mediante las coordenadas de color  $L^*$ ,  $a^*$ , y  $b^*$ , tomando como sistema de referencia un iluminante D65, el observador estándar de 2° y valores de calibración  $Y=89,5$ ;  $x=0,3176$ ;  $y=0,3347$ . La cromaticidad ( $C^\circ$ ), el tono ( $h$ ), cambio de color  $\Delta E$  y el índice de amarillamiento (YI) se calcularon usando las ecuaciones (3)-(4) (Guiné & Barroca, 2012), la ecuación (5) (Martínez-Girón et al., 2017) y (6) (Kaushik, Kaur, Rao & Mishra, 2014):

$$C^\circ = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3)$$

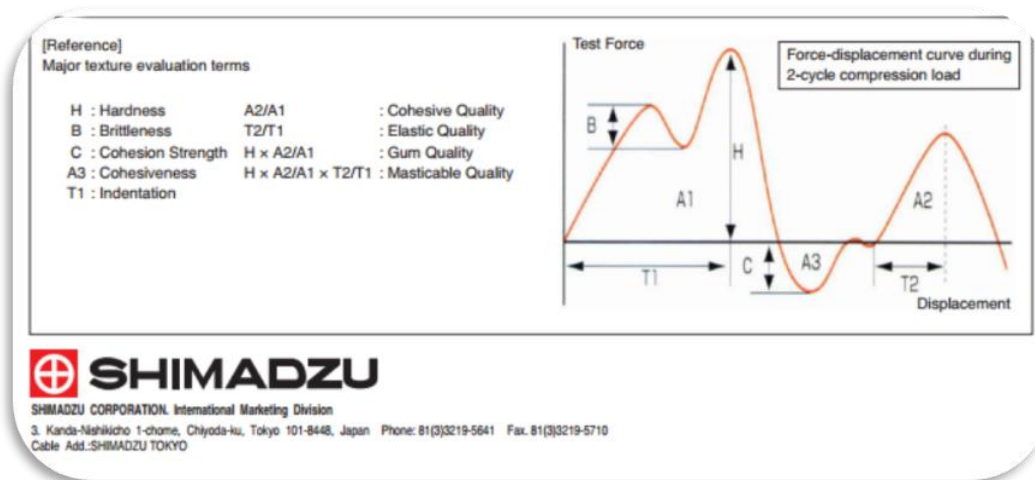
$$\left[ \begin{array}{l} h^\circ = \arctg(b^*/a^*), \text{ para } a^*>0; b^*>0 \\ h^\circ = 180^\circ + \arctan(b^*/a^*), \text{ para } a^*<0; b^*>0 \\ h^\circ = 270^\circ + \arctg(b^*/a^*), \text{ para } a^*<0; b^*<0 \\ h^\circ = 360^\circ + \arctg(b^*/a^*), \text{ para } a^*>0; b^*<0 \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a *)^2 + (\Delta b *)^2 + (\Delta L *)^2} \quad (5)$$

$$YI = 142.86 (b*/L*) \quad (6)$$

### Evaluación de textura

Según el método de Urías et al. (2012) y Gonçalves et al. (2007), con algunas modificaciones, parámetros de textura como firmeza, adhesividad, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad fueron evaluados en zapallo fresco para cada una de las condiciones de almacenamiento a partir de un análisis de perfil de textura (APT), utilizando un texturómetro EZTest-S (Shimadzu, Japón) y empleando el Software Trapezium<sup>2</sup> (Texture Expert para Windows v.1.20, Microsystems Estable) (Figura 3-2). Las condiciones del análisis fueron: velocidad de ensayo (30 mm min<sup>-1</sup>), tiempo entre ciclos (2 s) y celda de carga (500 N). Tres mediciones de punción en cada muestra del producto fueron evaluadas en los días 0, 5, 10 y 15 del periodo de almacenamiento; donde el tiempo cero fue la condición ambiente de Palmira (26°C y 65%HR) (The Wheeler Channel, 2016). Para ello, el epicarpio no fue removido y las muestras (Cilindro de 3 mm de diámetro y altura de 5 cm) fueron penetradas por una plantilla de prueba de penetración a una distancia de 3 y 10 cm del eje axial y radial del zapallo. Se efectuaron al menos seis medidas en partes diferentes del zapallo para cada muestra.



**Figura 3-2** Ilustración de la curva utilizada para Análisis de Perfil de Textura TPA, tomada de manual texturómetro SHIMADZU



## Diseño experimental

Se utilizó un diseño aleatorizado simple con arreglo factorial, los factores de estudio fueron el tiempo con cuatro niveles (0, 5, 10 y 15 días), temperatura cuatro niveles (0, 10 °C, 16 y 28°C) y Humedad Relativa tres niveles (0, 50% y 70%), siendo los valores de la condición cero la condición ambiental de Palmira (26°C Y 65% HR) (The Wheeler Channel, 2016). Cada tratamiento contó con tres repeticiones, y se realizó el respectivo análisis de varianza ANOVA y la prueba de Tukey para determinar las diferencias entre los tratamientos, a un nivel de significación  $p < 0,05$ . Todos los cálculos estadísticos se realizaron bajo el software SPSS 18 para Windows con licencia. Las variables de respuestas fueron pH, acidez, pérdida de peso, color superficial, carotenoides totales y textura.

## 3.2 Resultados y discusión

### Parámetros fisicoquímicos

En la Tabla 3, se relacionan las propiedades fisicoquímicas y el respectivo análisis de ANOVA de los factores de estudio. El parámetro de pH y acidez obtenidos en la presente investigación coinciden con los autores Suarez, Paz-Peña, Echeverría-Restrepo, Ruiz & Mosquera-Sánchez (2016); Jacobo-Valenzuela et al. (2011) ( $pH=5,40-6,80$ ) y Durigan & Mattiuz (2007) ( $ATT=0,02-0,19$ ); quienes emplearon en sus investigaciones zapallo *Cucúrbita moschata Duchense* variedad Bolo Verde, *Cehualca* y *Caipira*. El pH y la acidez fueron afectados significativamente por el factor temperatura, este factor incremento significativamente el pH en las muestras de estudio, por el contrario, la acidez se redujo estadísticamente con el incremento de la temperatura. Probablemente estos resultados sean consecuencia de la degradación de los ácidos orgánicos al incrementarse la temperatura y el tiempo de almacenamiento. Igualmente, el pH tuvo un efecto estadísticamente significativo en los factores tiempo y Humedad ( $txHR$ ), donde se evidenció un incremento a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento y aumento la Humedad Relativa, tal y como se ilustra en la Tabla 3.

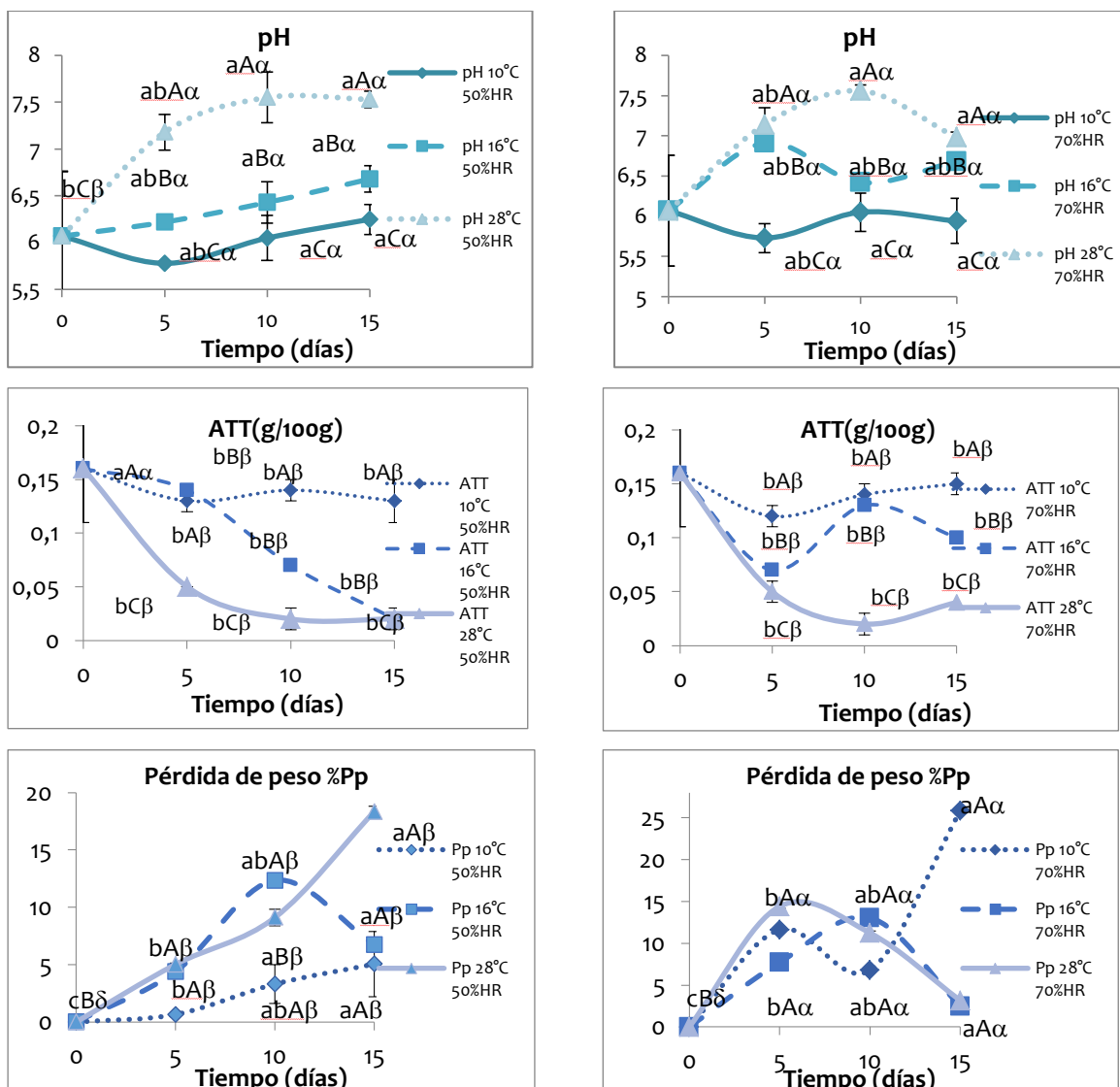
**Tabla 3** ANOVA del comportamiento de zapallo almacenado bajo los parámetros de pH, ATT y Pp

ANOVA		pH	ATT (ácido cítrico g/100g)	Pp (%)
	t	*	NS	**
	T	***	***	*
	HR	*	NS	***
	t*T	NS	NS	**
	t*HR	NS	NS	NS
	T*HR	NS	NS	***
	t*T*HR	NS	NS	***

t: tiempo, T: Temperatura, HR: Humedad Relativa, ATT: Acidez Titulable Total (ácido cítrico/100 g de muestra b.s) y Pp: Pérdida de peso. Para las diferencias significativas (\*) indica que la diferencia de medias es significativa (Tukey,  $\leq 0,05$ ), (\*\*) indica que la diferencia de medias es medianamente significativa (Tukey,  $\leq 0,01$ ) y (\*\*\*) indica que la diferencia de medias es altamente significativa (Tukey,  $\leq 0,001$ ) y (NS) indica que la diferencia de las medias no es significativa.

Los resultados obtenidos (Figura 3-3) difieren con los de Moreno et al. (2013) quienes reportan que, en frutos de pepino el pH, disminuyó con el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, autores como García-Mera, Salas-Macías & Canales-Torres (2017) reportaron un comportamiento similar a los de la investigación, en frutos de guayaba durante el almacenamiento. Una de las posibles causas del aumento de pH y la reducción de la acidez pueden estar asociadas por la degradación de los ácidos orgánicos y el desdoblamiento del almidón en azúcares reductores durante el almacenamiento (Nawirska-Olszanska, Biesiada, Sokoł-Łetowska & Kucharska, 2014).

Respecto a la pérdida de peso (Pp) nuestros valores se ajustan con los de Urías et al. (2012) (%Pp=11). Estadísticamente la pérdida de peso es afectada por el tiempo, la temperatura, la humedad, y la interacción de los factores (tiempo x Temperatura, Temperatura x Humedad Relativa y tiempo x Temperatura x Humedad Relativa) de la Tabla 3. La pérdida de peso, se incrementó significativamente con el aumento de la HR, la temperatura y el tiempo de almacenamiento (11,97%) (Figura 3-3). Probablemente la pérdida de peso en los frutos puede estar asociado al incremento de la respiración, procesos de evaporación (deshidratación) (García, 2006) y al gradiente de humedad entre el fruto y el aire circundante durante el almacenamiento, lo que favoreció a fenómenos de transferencia de masa entre el fruto y el aire circundante (Mohammadi, Hashemi & Hosseini, 2016; Moreno et al., 2013).



**Figura 3-3** Parámetros de las propiedades fisicoquímicas de pH, Acidez Total Titulable ATT y Pérdida de peso %Pp en zapallo fresco

Una de las posibles razones a la reducción de peso tal y como se puede observar en la Figura 3-3, pudo ser por aumento de la permeabilidad al vapor de agua y del intercambio gaseoso entre el fruto y las condiciones externas (Moreno et al., 2013); esto también lo tuvieron en cuenta Amarante & Banks (2001), donde estudiaron el comportamiento del pepino *Cucumber* encerado y sin encerar obteniendo una reducción mínima en el porcentaje de pérdida de peso y de agua de los tejidos, estos resultados son diferentes a los arrojados por el zapallo estudiado. Estudios similares encontraron valores mayores con guayaba recubierta (%Pp= 1,00-45,00); sin embargo estos presentaron un retraso en la tasa de respiración (Achipiz et al, 2013). El incremento brusco de temperatura (28°C) y

de la humedad permitieron que el producto perdiera peso; entre más alta fue, mayor probabilidad tuvo de que el producto redujera sus condiciones de calidad acelerando su senescencia. Por otro lado, esto puede generar la degradación de las propiedades fisicoquímicas tales como el pardeamiento, la degradación de las vitaminas y la actividad enzimática (Badui, 2006; Castellano, Quijada, Ramírez & Sayago, 2005; Mohammadi, Hashemi & Hosseini, 2016).

Otros de los atributos abordados en este estudio es el parámetro de calidad del color como se ve expresado en la Figura 3-4; por lo tanto, los valores de luminosidad, cromaticidad, tono, cambio de color  $\Delta E$  se ajustan a los de los autores Silva, Denoya, Languasco & Della (2013), Zaccari, Cabrera & Saadoun (2017), donde atributos como luminosidad ( $L^* = 55,12 \pm 2,20$ - $68,42 \pm 0,66$ ) cromaticidad ( $C^\circ = 62,2 \pm 23,45$ ) tonalidad ( $h^\circ = 58,39 \pm 0,67$ ) y  $\Delta E$  ( $5,00 \pm 0,60$ - $16,30 \pm 1,20$ ) de zapallo fueron almacenados a diferentes temperaturas. Ciurzyńska, Lenart & Gręda (2014) reportaron valores similares en el tercer mes de cultivo de zapallo tradición en luminosidad ( $L^* = 47,24$ - $65,00$ ), cromaticidad ( $C^\circ = 31,34$ - $70,00$ ), tono ( $h^\circ = 54,44$ - $83,85$ ) y cambios de color ( $\Delta E = 14,00$ - $17,00$ ) a los obtenidos en el presente trabajo de investigación; López, Andrade & Martinez (2016) y Suarez et al. (2016) reportaron para zapallo variedad Bolo Verde, coordenadas colorimétricas de ( $L^* = 57,24$ ) ( $C^\circ = 31,79$ ) ( $h^\circ = 57,60$ ) ( $\Delta E = 13,82$ ). También Franco, Cuastumal & Ordóñez Santos (2014) calcularon las coordenadas de color en algunos vegetales, de todos ellos el que más se aproximó a este estudio fue el fruto del mango (*Mangifera indica* L.) variedad “Tommy Atkins”  $L^*$  ( $56,82 \pm 2,96$ )  $h^\circ$  ( $51,04 \pm 7,19$ ).

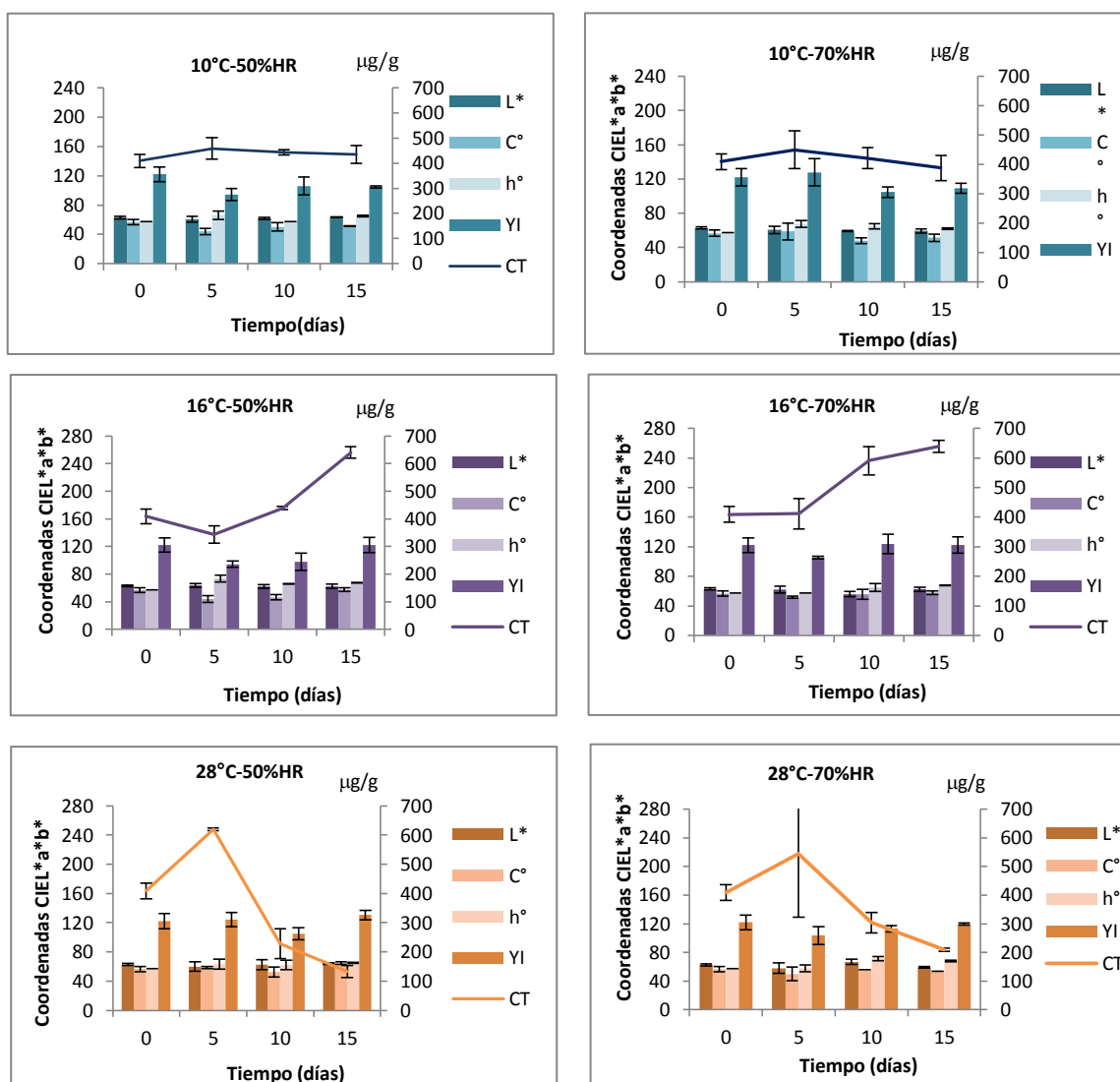
**Tabla 4** ANOVA coordenadas CIE $L^*a^*b^*$  de zapallo en fresco (*Cucúrbita moschata* D.)

		$L^*$	$C^\circ$	$h^\circ$	$\Delta E$	IA	CT ( $\mu\text{g/g}$ )
ANOVA	t	NS	NS	*	***	*	NS
	T	NS	NS	*	NS	NS	***
	HR	NS	NS	*	NS	NS	NS
	t*T	NS	NS	*	NS	NS	***
	t*HR	NS	NS	***	*	NS	NS
	T*HR	NS	*	*	NS	*	NS
	t*T*HR	NS	NS	NS	**	*	NS

t: tiempo, T: Temperatura, HR: Humedad Relativa,  $L^*$ : Luminosidad,  $C^\circ$ : Cromaticidad,  $h^\circ$ : Tonalidad,  $\Delta E$ : Cambio de color, IA: Índice de Amarillamiento y CT: Carotenoides Totales ( $\mu\text{g/g}$  de  $\beta$ -caroteno). Para las diferencias significativas (\*) indica que la diferencia de medias es significativa (Tukey,  $\leq 0,05$ ), (\*\*) indica que la diferencia de medias es medianamente significativa (Tukey,  $\leq 0,01$ ) y (\*\*\*) indica que la diferencia de

medias es altamente significativa (Tukey,  $\leq 0.001$ ) y (NS) indica que la diferencia de las medias no es significativa.

Es de resaltar que la evaluación del color es considerada una característica fundamental para la aceptabilidad sensorial y nutricional de un alimento, debido a que la apariencia visual se tiene en cuenta como un atributo y factor decisivo de compra para el consumidor (Dutta, Dutta, Raychaudhuri & Chakraborty, 2006). La luminosidad no presento diferencias estadísticas en ninguno de los factores (Tabla 4). Los valores medios de este factor son similares a los reportados por Muzzaffar et al. (2016) ( $L^*=66,49 \pm 0,63$ ), los cuales estudiaron el atributo de cromaticidad en el fruto del zapallo (*Cucúrbita moschata*).



**Figura 3-4** Diferencia de las variables tiempo, Temperatura y Humedad Relativa en las coordenadas de color  $CIE_{L^*a^*b^*}$ , L\*: luminosidad, C°: cromaticidad, h°: tonalidad, IA=

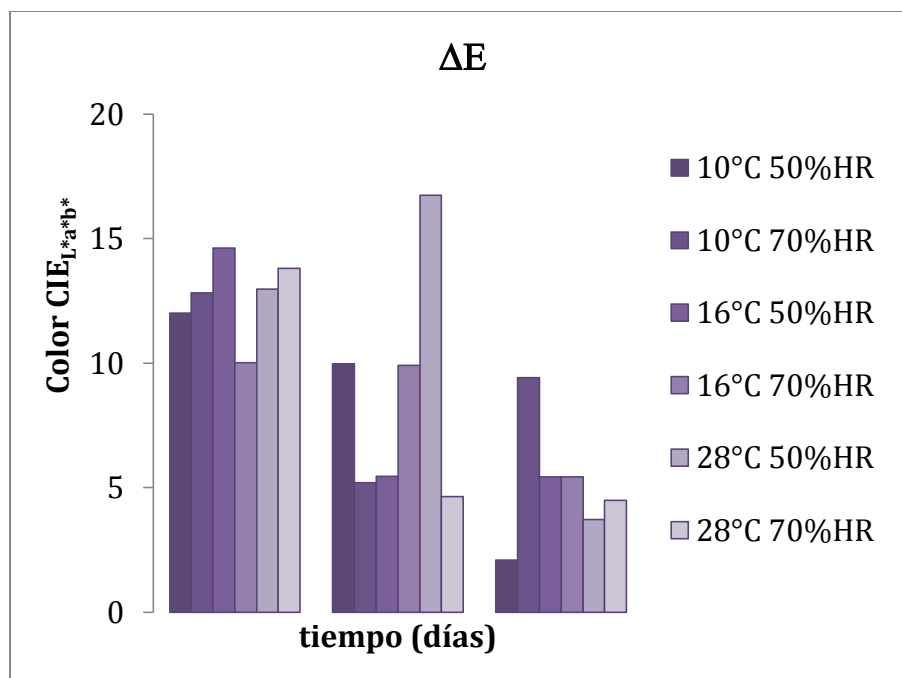
índice de amarillamiento y CT: Carotenoides Totales ( $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno /g muestra b.s) de zapallo (*Cucúrbita moschata*) Variedad Bolo Verde.

Este presenta cambios significativos únicamente en la interacción (Temperatura, x Humedad Relativa), mostrando un incremento significativo en el transcurso del almacenamiento (Figura 3-4). Autores como Cuastumal, Valencia, & Ordóñez (2016), determinaron el efecto de los tratamientos térmicos sobre la concentración de vitamina C y el color en tres frutos, guayaba (*psidium guajava*), mango (*Mangifera indica*) y tomate de árbol (*Solanum Betaceum Cav*), siendo la cromaticidad una de las variables estudiadas y la cual presentó valores que se ajustaron a los obtenidos en esta investigación ( $C^{\circ}=51,04\pm7,19$ ).

La variable triestímulo ( $h^{\circ}$ ) además de verse afectada significativamente para los parámetros de tiempo (Tabla 4), Temperatura y Humedad Relativa, presenta cambios estadísticos en las interacciones (tiempo x Temperatura, tiempo x Humedad Relativa y Temperatura x Humedad Relativa), este atributo de color, se incrementó en el transcurso del tiempo, en las Temperaturas de 16 y 28°C en 70% de Humedad Relativa, tal y como se ve representada en la Figura 3-4.

La variable  $\Delta E$  fue afectada significativamente por el tiempo, y las interacciones (tiempo x Humedad Relativa y tiempo x Temperatura x Humedad Relativa) (Tabla 4),  $\Delta E$  se incrementó significativamente con la temperatura de 28°C ( $4,50 \pm 2,96$ - $16,74 \pm 0,81$ ) y humedad relativa, con el tiempo este atributo mostró cambios estadísticamente significativos a los 5 días ( $10,02 \pm 5,1$ - $14,63 \pm 3,09$ ), para disminuir significativamente con los factores de estudio (Figura 3-5). El IA en las muestras se afectó por el tiempo, y las interacciones (Temperatura x Humedad Relativa y tiempo x Temperatura x Humedad Relativa).

Probablemente el material de estudio al ser un tejido vivo continúa realizando procesos fisiológicos entre ellos la producción de carotenoides (carotenogénesis), aumentando la producción de carotenoides y por lo tanto disminuyendo  $\Delta E$ . Mientras que en el caso del aumento del  $\Delta E$  se debe a la degradación de los carotenos por oxidación e isomerización.



**Figura 3-5** Cambio de color en los diferentes tiempos, Temperaturas y Humedades Relativas de zapallo variedad Bolo Verde

La intensidad del color que se evidencio en la Figura 3-5, puede estar relacionada con el aumento o disminución de los compuestos carotenoides y fenólicos durante el almacenamiento (Badui, 2006; Sharma, Dhaliwal & Kalia, 1998; Tomadoni, Cassani, Viacava, Moreira & Ponce, 2016). Es posible que también estos cambios de las coordenadas de color posiblemente se deban a las reacciones de isomerización de los carotenoides, polimerización o a reacciones de pardeamiento de Maillard, tales como condensación de hexosas, componentes de aminoácidos y oxidación de ácidos (Cuastumal, Valencia, & Ordóñez, 2016; Mena et al., 2013).

Para el caso del parámetro de carotenoides totales, los valores de esta investigación (Figura 3-4) se asemejan a los reportados por Aguilar-Gutiérrez, Zazueta-Morales & Camacho-Hernández (2009) (CT=171,9–461,9  $\mu\text{g/g}$ ). Los carotenoides cambian estadísticamente por el efecto del tiempo, temperatura y su interacción. La concentración de carotenoides en las muestras presento un aumento significativo en la temperatura de 16 °C; no obstante en los primeros cinco días de almacenamiento el comportamiento fue decreciente y esto se pudo deber a que el fruto se estaba adaptando al ambiente

establecido, luego la concentración fue aumentando en los otros tratamientos a medida que transcurrieron los días (Figura 3-4).

Una de las posibles causas por lo cual en la concentración de los carotenoides hubo disminución entre los días 10-15 y 28°C de temperatura pudo ser por reacciones de pardeamiento, isomerización, alta susceptibilidad de los carotenoides a la degradación auto oxidativa durante el almacenamiento del zapallo, entre otros (Africano, Almanza-Merchán & Balaguera-López, 2015; Ordóñez-Santos et al., 2017; Sharma et al., 1998). Estudios como el de Cuastumal, Valencia & Ordóñez (2016) evidencian el comportamiento presentado en los distintos frutos al someterlos a tratamientos térmicos convencionales. Es así, como el mango (*Mangifera indica*) haciendo parte del estudio de estos autores presento coordenadas colorimétricas que se ajustaron a las estudiadas en esta investigación. Esto confirma que tanto la temperatura y la humedad relativa son factores ambientales importantes en el almacenamiento de los alimentos.

Los Carotenoides totales en la temperatura de 28°C, se degradaron notablemente a través del tiempo, a medida que avanza su almacenamiento el mesocarpio perdió concentración y presento podredumbre. Una de las posibles causas pudo ser la oxidación enzimática y esto puede ser causado por las temperaturas drásticas de almacenamiento (calor) o por la ruptura de la estructura celular del zapallo (Rodríguez-Amaya, Kimura, Godoy & Amaya-Farfan, 2008). Todo esto nos lleva a deducir que de todas las condiciones (tratamientos) de almacenamiento estudiadas 16°C y 50%HR fue la que presento mejores valores de carotenoides ( $640,46 \pm 21,47 \mu\text{g/g}$ ); sin embargo, esta condición no tuvo un buen porcentaje de pérdida de peso %Pp ( $6,73 \pm 1,65$ ), mientras que para 16°C y 70%HR si se contó con  $2,49 \pm 14,80\%$  y una concentración de  $639,61 \pm 20,27 \mu\text{g/g}$ , estos valores son mayores a los que reportaron Carvalho et al. (2012) en zapallo (*Cucúrbita moschata* Duch) ( $404,98 \mu\text{g/g}$ ), todo esto sumado a que los demás atributos también presentaron valores viables para el cumplimiento con la aceptabilidad comercial requerida. Restrepo, Grisales, Cabrera & García (2012) reportaron concentraciones de carotenoides de zapallo (*C.moschata* D) en diferentes fenotipos ( $281,45$ - $521,26 \mu\text{g/g}$ ); asimismo, Zaccari, Cabrera & Saadoun (2017) reportaron valores en calabacín Butternut durante el tiempo de almacenamiento ( $404,3 \pm 60,7$ - $939,1 \pm 50,1 \mu\text{g/g}$ ), confirmando así, los valores obtenidos en este estudio (Figura 3-4) y donde los valores más altos de carotenoides se presentaron para 16°C. Siendo este un fruto no



climatérico, se evidenció que para esta temperatura no se presentó deterioro como tal del zapallo, lo cual indica una posible carotenogénesis, debido a que ésta se dispara a medida que aumenta la temperatura; es así como este atributo presentó cambios en la concentración de pigmentos notablemente y se elevó (Gross, 1987, 1991; Rodríguez-Amaya, 1993).

Parámetros como los de textura firmeza **F**, adhesividad **A**, cohesividad **CH**, elasticidad **EL**, gomosidad **GO** y masticabilidad **MA**, también fueron evaluados en el fruto de zapallo entero. Es así como en la Tabla 5 se muestran los respectivos cambios y efectos estadísticamente significativos ( $p \leq 0,05$ ) en los parámetro de tiempo (t), Temperatura (T), Humedad Relativa (HR) y cada una de las posibles interacciones correlacionadas con la Firmeza (N), Adhesividad (N\*mm), Cohesividad, Elasticidad, Gomosidad (N) y Masticabilidad (N).

**Tabla 5** ANOVA Análisis de Perfil de Textura para zapallo (*Cucúrbita moschata* D) variedad Bolo Verde en fresco

Parámetros	Firmeza (N)	Adhesividad (N*mm)	Cohesividad	Elasticidad	Gomosidad (N)	Masticabilidad (N)
t	***	***	*	**	***	NS
T	*	***	***	***	***	NS
HR	NS	NS	NS	***	***	NS
t x T	***	***	***	***	NS	***
t x HR	***	***	*	**	***	***
T x HR	**	***	***	***	***	*
t x T x HR	***	**	***	***	***	**

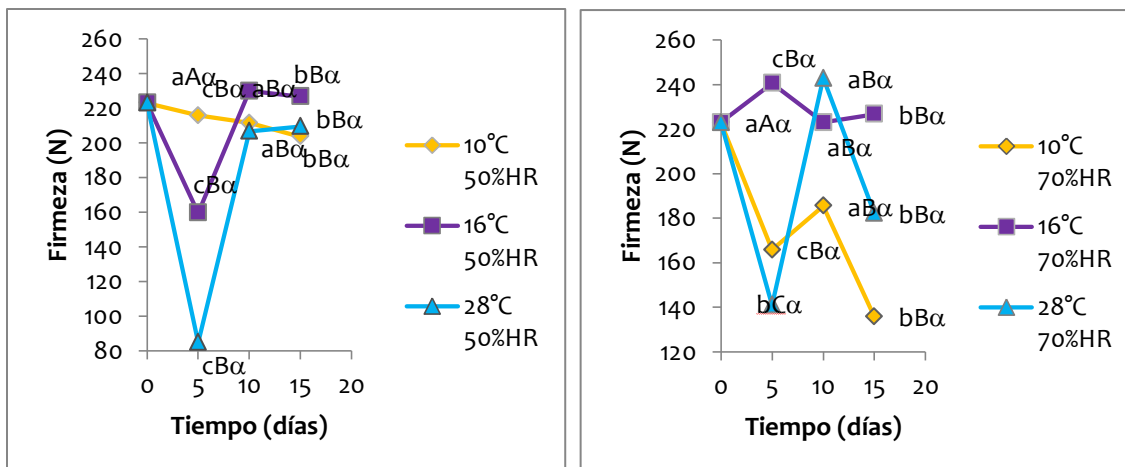
Análisis de perfil de textura (APT) de zapallo para un tiempo en días (0, 5, 10, 15), Temperatura en °C (10, 16 y 28) y humedad relativa (50-70%). El análisis ANOVA SPSS resaltan la diferencia estadística ( $P < 0,05$ ; prueba de Tukey) que se presentó a través del tiempo de almacenamiento de zapallo fresco. (\*) Indica que la diferencia de medias es significativa (Tukey,  $\leq 0,05$ ), (\*\*) indica que la diferencia de medias es medianamente significativa (Tukey,  $< 0,01$ ) y (\*\*\*) indica que la diferencia de medias es altamente significativa (Tukey,  $< 0,001$ ) y (NS) indica que la diferencia de las medias no es significativa.

La firmeza fue considerablemente significativa a través del tiempo, Temperatura y las interacciones (tiempo x Temperatura, tiempo x Humedad Relativa y tiempo x Temperatura x Humedad Relativa) (Tabla 5). La adhesividad (N\*mm) y la cohesividad en el único parámetro que no presentaron cambios estadísticamente significativos fue en la

HR. En cuanto a la elasticidad, esta presentó cambios estadísticos altamente significativos en todos parámetros individuales e interacciones, igual que la gomosidad (N), aunque esta no tuvo efectos significativos en la interacción  $t \times T$  (tiempo  $\times$  Temperatura). Por último, la propiedad masticabilidad (N) no reportó cambios estadísticos significativos en los factores independientes; pero sí lo hizo en cada una de las interacciones ( $t \times T$ ,  $t \times HR$ ,  $T \times HR$  y  $t \times T \times HR$ ) (Tabla 5).

En la Figura 3-6 se observan los datos obtenidos para el atributo de **F** (N), estos evidenciaron que el epicarpio de zapallo fresco es de textura dura y que el mesocarpio no fue ajeno a este comportamiento. De esta manera, se ejerció una fuerza y energía considerable para efectos de la ruptura del fruto. Ésta evidenció fluctuación en el tiempo y Temperatura para el periodo de almacenamiento del zapallo. Probablemente, este resultado se deba a la pérdida de humedad del material durante el almacenamiento, dicha pérdida aumentó la concentración de los almidones de la fibra, generando resistencia en el momento de hacer la medición, Sarzi (2002) lo describió en su estudio en papaya como la formación en la capa superficial mucho más firme. Al evaluar  $t$ ,  $T$  y  $HR$  se encontró que a los 5 días, la Temperatura 10°C practicó una fuerza menor para efectuar la ruptura del tejido del epicarpio (membrana externa) que la que se ejerció para 16 y 28°C. Estudios como el de De Escalada, Campos, Gerschenson & Rojas (2009) y Urías et al. (2012) reportaron una firmeza de  $410,00 \pm 20,00N$  y  $117,10 \pm 35,10N$  respectivamente en zapallo fresco (*Cucúrbita moschata* Duch). Los valores obtenidos en este estudio, se evidencian en la Figura 3-6 ( $222,97 \pm 18,33N$ ) y fueron intermedios a los de estos autores lo cual hace importante este valor al dimensionar la fuerza significativa que debe ejecutarse para poder romper el epicarpio de este fruto.

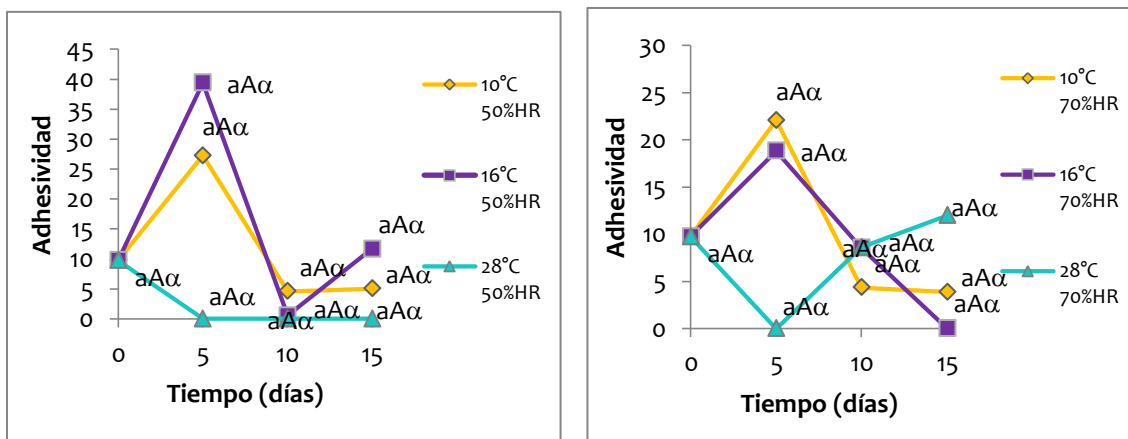
Para la interacción  $t \times T$  (Tabla 5), el aumento de la temperatura a través del tiempo, tuvo como efecto una disminución en la fuerza que este ejerció, evidenciando que la membrana se retrajo completamente y por lo tanto, la firmeza disminuyó con respecto al tejido isotónico probablemente este presentó también una mayor deformación. Por otra parte, este cambio se deba a la pérdida de humedad durante el almacenamiento, dicha pérdida pudo disminuir la concentración de los almidones de la fibra generando resistencia al momento de hacer la medición y a una desnaturalización de los almidones por la pérdida de la protopectina.



El tiempo (a, b, c), Temperatura (A, B, C) y Humedad Relativa ( $\alpha, \beta, \delta$ ) con sus respectivas letras representan las diferencias estadísticamente significativas que cada uno de los parámetros de APT presentaron en la investigación. Para el caso del valor cero, este significa las condiciones climáticas iniciales promedio de Palmira-Valle del Cauca (Colombia).

**Figura 3-6** Parámetro de Firmeza (N) de zapallo con diferentes tiempos (0, 5, 10, 15 días), Temperaturas (0, 10, 16, 28°C) y Humedades Relativas (0, 50, 70%) de almacenamiento

Como se observa en la Tabla 5 la adhesividad **A** (N\*mm) presentó diferencias estadísticamente significativas para  $t$  y  $T$ ,  $t \times T$ ,  $t \times HR$ ,  $T \times HR$  y  $t \times T \times HR$ ; pero no para el parámetro de HR. En el periodo de almacenamiento la **A** fue mucho más alta a los 5 días (17,92 N\*mm), mientras que el día 10 (4,44 N\*mm) y 15 (5,43 N\*mm) tuvo valores menores que incluso el inicial (9,75 N\*mm). Cuando estos valores presentan una disminución a través del tiempo de almacenamiento puede deberse al ablandamiento de los tejidos del epicarpio y mesocarpio (Martínez, Nieto & Alzamora, 2005).



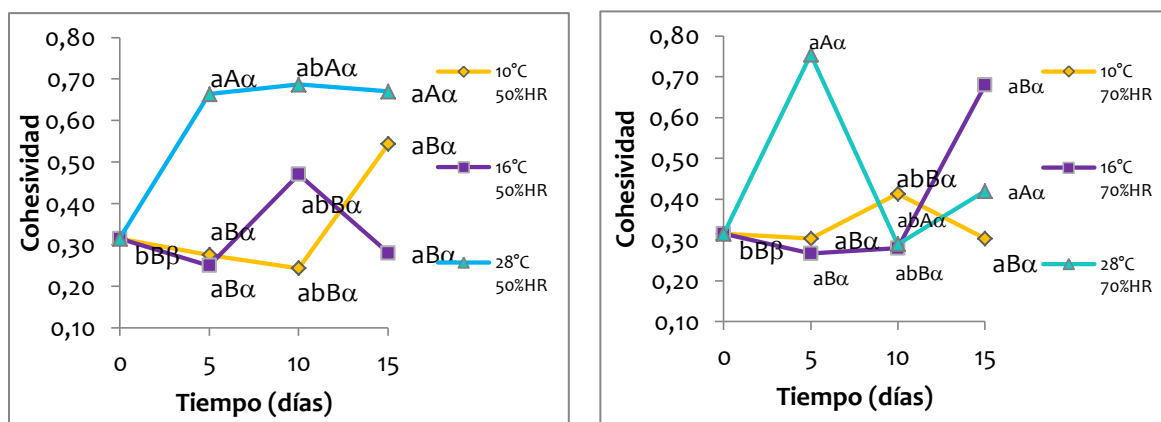
El tiempo (a, b, c), Temperatura (A, B, C) y Humedad Relativa ( $\alpha, \beta, \delta$ ) con sus respectivas letras representan las diferencias estadísticamente significativas que cada uno de los parámetros de APT presentaron en la investigación. Para el caso del valor cero, este significa las condiciones climáticas iniciales promedio de

Palmira-Valle del Cauca (Colombia).

**Figura 3-7** Propiedad APT Adhesividad (N\*mm) para zapallo fresco en diferentes condiciones de tiempos, Temperaturas y Humedad Relativas

Al tener este parámetro valores menores a través del tiempo de almacenamiento, pudo deberse a la desintegración de la estructura de almidones, ya que entre mayor sea la **F** del fruto menor adhesividad este presentara en la boca (dientes y el paladar), entretanto a menor valor mayor facilidad de adherencia a la superficie bucal.

Para el caso de la cohesividad **CH** (Figura 3-8) los parámetros de t y T tuvieron una tendencia creciente en sus valores. Szczesniak (1998) definió esta propiedad como la cantidad de muestra de deformación antes de la ruptura al morderse el alimento, dicho en otras palabras es la resistencia que presentan los enlaces internos de un fruto antes de deformarse los tejidos que contiene el alimento (Urías et al., 2012).



El tiempo (a, b, c), Temperatura (A, B, C) y Humedad Relativa ( $\alpha, \beta, \delta$ ) con sus respectivas letras representan las diferencias estadísticamente significativas que cada uno de los parámetros de APT presentaron en la investigación. Para el caso del valor cero, este significa las condiciones climáticas iniciales promedio de Palmira-Valle del Cauca (Colombia).

**Figura 3-8** Propiedad de APT Cohesividad zapallo fresco (*Cucúrbita moschata* D.)

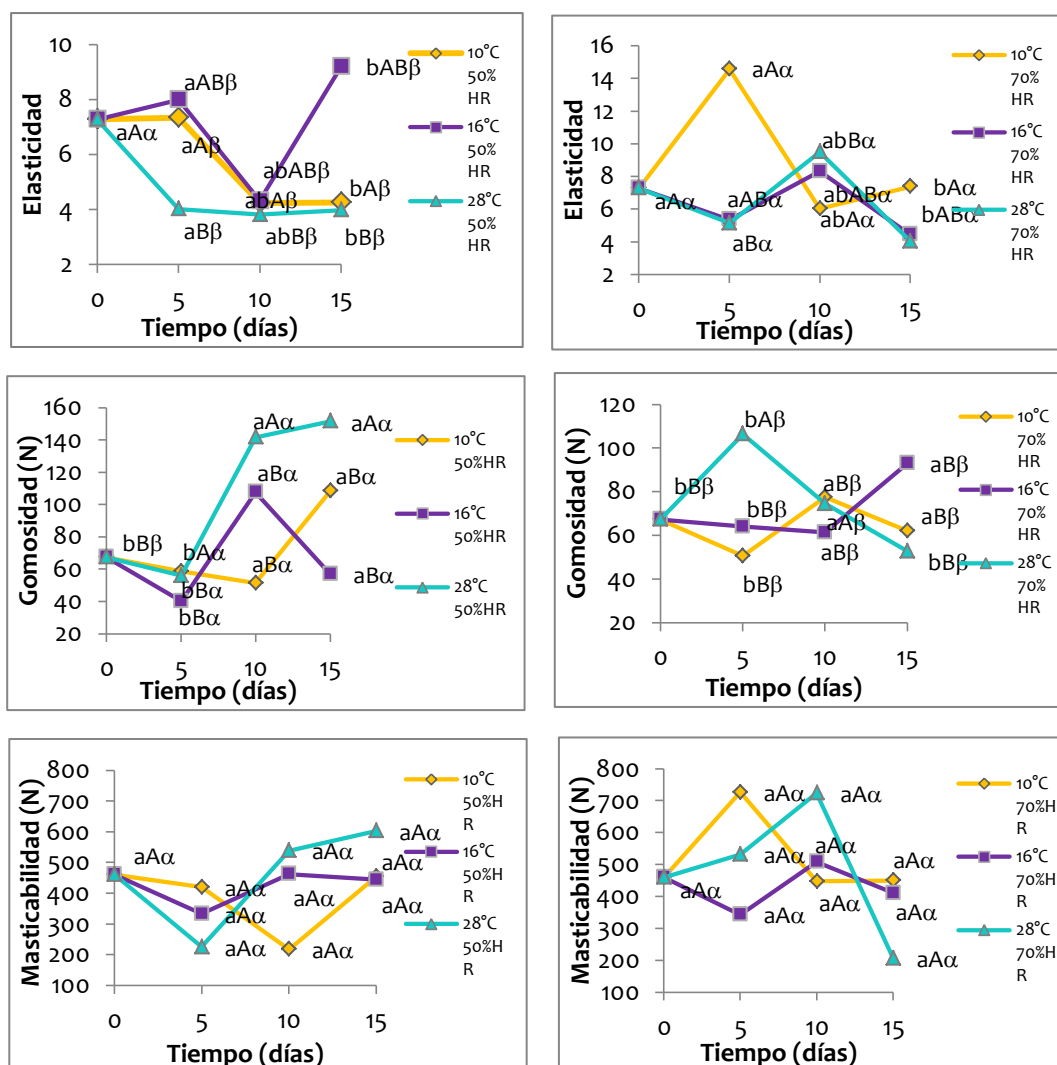
Autores como Yanniotis, Petraki & Soumpasi (2007), aseguran que la dureza del almidón de un fruto aumenta el contenido de fibra y disminuye al aumentar el contenido de pectina; esto se debe posiblemente al efecto de estos las moléculas y paredes en el espesor de la pared celular. Sin embargo, la presencia de polisacáridos sin almidón como la pectina se deben a la falta de disponibilidad de agua y esta fue más notoria para el parámetro de temperatura en 28°C.

La elasticidad es el grado y velocidad que debe realizar un la mandíbula con el alimento antes de que vuelva a su estado original. Esta propiedad se vio afectada significativamente en todas las variables (Tabla 5), evidenciando mayor efecto a medida que incremento el tiempo, exactamente desde el día 10 y para las Temperaturas de 16-28°C en 50% de Humedad Relativa. Los valores promedios para tiempo fueron control (7,28), 5 (4,03N), 10 (7,40N) y 15 días (3,92N), en las Temperaturas de 10 (7,30N), 16 (6,60N) y 28°C (5,08N). Probablemente, esto se deba a la pérdida de humedad lo cual generaría una alteración en la estructura nativa del almidón lo cual llevó a que el zapallo tuviera menor elasticidad en el periodo de almacenamiento. Todo esto pudo ser posible a la relación de desintegración de un alimento y el deterioro que este puede presentar en su proceso de almacenamiento.

La gomosidad **GO** (N) tuvo efectos significativos en cada una de las variables estudiadas mientras que la masticabilidad **MA** (N) tuvo cambios solo en las interacciones. Estas dos propiedades estuvieron relacionadas entre sí para cada una de las interacciones ( $t \times T$ ,  $t \times HR$ ,  $T \times HR$ ,  $t \times T \times HR$ ) (Tabla 5) y mostraron incremento en los tres factores, representando la fuerza, distancia y energía que se requieren para desintegrar el zapallo en estado sólido a un estado más suave para la masticabilidad que simula el análisis de APT. Probablemente esto esté relacionado con la pérdida de humedad por concentración de los carbohidratos (celulosa, hemicelulosa, almidón, pectina, protopectina) a través del tiempo de almacenamiento (Figura 3-9). Igualmente, el agua en correlación con la pérdida de humedad juega un papel fundamental siendo esta un plastificante de las regiones amorfas (capas) de almidón en el tejido adiposo, lo cual ocasionaría la separación de los enlaces de hidrógeno y la formación de nuevos enlaces de hidrógeno entre las moléculas de agua y las cadenas de almidón asociadas (Singha, Guizania, Al-Alawia, Claereboudtb & Rahmana, 2013).

A pesar de que se encuentra literatura científica sobre ATP en productos fresco, es poca la que existe de zapallo. Silva, Denoya, Languasco & Della (2013) reportaron para el caso de textura del zapallo anco (*Cucúrbita moschata*, D.) en fresco una Firmeza de más o menos 118 N, mucho menor que la realizada en este estudio. Urías et al. (2012), presentaron valores de **F** ( $117,10 \pm 35,10$  N), **CH** ( $0,30 \pm 0,00$ ), **EL** ( $3,20 \pm 0,40$ ) y **MA** ( $126,80 \pm 37,10$  N), los cuales fueron el resultado al haber estudiado el efecto de la

temperatura de almacenamiento sobre las variables hídricas, la integridad de la pared celular y la calidad de Zucchini (*Cucúrbita pepo* L.) durante la postcosecha.



El tiempo (a, b, c), Temperatura (A, B, C) y Humedad Relativa ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ) con sus respectivas letras representan las diferencias estadísticamente significativas que cada uno de los parámetros de APT presentaron en la investigación. Para el caso del valor cero, este significa las condiciones climáticas iniciales promedio de Palmira-Valle del Cauca (Colombia).

**Figura 3-9** Propiedades de ATP como Elasticidad, Gomosidad (N\*s) y Masticabilidad (kg) para zapallo fresco

De las condiciones evaluadas las variables más afectadas fueron Pp,  $\Delta E$  e IA en consecuencia las características que mejor se ajustaron fueron 15 días, 16°C y 70%HR, en la cual el pH fue de 6,68, ATT 0,10 de ácido cítrico/100g, %Pp 2,49, seguido de L\* 62,40, C° 57,61, h° 67,63,  $\Delta E$   $5,44 \pm 0,06$ , IA 122,21 y CT  $639,61 \pm 20,27$  ( $\mu\text{g/g}$ ), firmeza

226,64  $\pm$  19,37 N, adhesividad 0,03  $\pm$  0,02 N\*mm, cohesividad 0,68  $\pm$  0,06, elasticidad 4,43  $\pm$  0,72, gomosis 92,94  $\pm$  2,87 N y masticabilidad 410,80  $\pm$  54,50 N.

### 3.3 Conclusiones

- En el presente estudio la menor pérdida de peso en los frutos de zapallo durante el almacenamiento se registró en las condiciones de 5 días, 16°C y 70%HR (0,05%).
- En el presente estudio se puede concluir que la mayor concentración de carotenoides totales en los frutos de zapallo y a una temperatura de 28°C (619,94 µg/g) se presentó en las condiciones de almacenamiento 5 días, 28°C y 50%HR.
- El parámetro de luminosidad  $L^*$  en los frutos de zapallo, no se afectó significativamente durante el almacenamiento, mientras que el parámetro de color  $h^\circ$ , registro su menor valor a los 5 días, 16°C y 70%HR, y el índice de amarillamiento presento su mayor valor a los 15 días, 16°C y 70%HR.
- Los factores de estudio tiempo, temperatura y sus respectivas interacciones afectaron significativamente la firmeza de los frutos de zapallo, conservándose este atributo de calidad a los 15 días, 16°C y 70%HR.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en éste estudio, se pueden recomendar las condiciones controladas de 16°C y 70% de HR durante 15 días de almacenamiento de zapallo fresco, ya que estas condiciones registraron menores porcentajes de pérdida de peso (2,49%), mayor contenido de carotenoides (639,61µg/g) y una mayor conservación de la textura.



## 4. Estudio de condiciones de almacenamiento para zapallo (*Cucúrbita moschata* D Var. Bolo verde) mínimamente procesado

### RESUMEN

El zapallo (*Cucúrbita moschata*) es un fruto nativo de zonas tropicales y subtropicales como México y Sudamérica en donde su consumo es constante y con alta demanda local. Este fruto se puede consumir fresco o procesado. En la actualidad el escaso tiempo para preparar algún tipo de comida hace que el mercado se vuelva más práctico a la hora de presentar un producto al consumidor. Por este motivo el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de empaque y tiempo de almacenamiento sobre las variables de pH y acidez, pérdida de peso, color  $CIE_{L^*a^*b^*}$ , carotenoides totales y parámetros de textura de zapallo mínimamente procesado. El zapallo fue procesado en julianas de 4mm de espesor, 6mm de ancho y 80mm de largo, los cuales se empacaron en bandejas de polietileno expandido, permeabilidad al agua  $12000 \text{ mL cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ cm Hg}^{-1}$  y  $13\text{cm} \times 13\text{cm} \times 1,3\text{cm}$  y domo de polietileno tereftalato PET, permeabilidad al agua de  $1300 \text{ ml cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ cm Hg}^{-1}$   $13\text{cm} \times 13\text{cm} \times 8\text{cm}$  (BPT) y bandeja de polietileno expandido y film de PVC calibre  $14\mu\text{m}$  (BF). Se almacenaron a  $5 \pm 0,20 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $42 \pm 2,00\%$  de humedad relativa y cada cuatro días, durante 12 días se estudiaron las respectivas variables fisicoquímicas. La mejor condición del almacenamiento de zapallo mínimamente procesado fue a los 8 días de almacenamiento y el tipo de empaque que más se ajustó fue el Domo (bandejas de polietileno expandido y domo de polietileno tereftalato PET) el cual registro valores medios de pH ( $6,14 \pm 0,40$ ), ATT ( $0,11 \pm 0,01$ ), SST ( $5,68 \pm 1,42$ ), %Pp ( $2,18 \pm 1,42$ ), Humedad ( $94,94 \pm 0,77$ ),  $L^*$ ( $60,64 \pm 3,92$ ),  $C^\circ$  ( $46,19 \pm 4,35$ ),  $h^\circ$  ( $70,05 \pm 3,99$ ),  $\Delta E$  ( $11,98$ ), IA ( $102,13 \pm 8,29$ ) y CT ( $706,85 \pm 58,13$ ).

**Palabras claves:** *Cucúrbita*, humedad, empaque, parámetros de textura, almacenamiento.

## Abstract

The pumpkin (*Cucurbita moschata*) is a fruit native to the tropical and subtropical areas such as Mexico and South America where its consumption is constant and with high local demand. This fruit can be consumed fresh or processed. Currently, the short time to prepare some type of food makes the market more practical when presenting a product to the consumer. For this reason, the objective of this research was to evaluate the effect of packaging and storage time on pH and acidity variables, weight loss,  $CIE_{L^*a^*b^*}$  color, total carotenoids and texture parameters of minimally processed pumpkin. The pumpkin was processed in July 4mm thick, 6mm wide and 80mm long, which were packed in expanded polyethylene trays, water permeability  $12000 \text{ mL cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ cm Hg}^{-1}$  and 13cm x 13cm x 1, 3cm and PET polyethylene terephthalate dome, water permeability of  $1300 \text{ mL cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ cm Hg}^{-1}$  13cm x 13cm x 8cm (BPT) and expanded polyethylene tray and 14 $\mu\text{m}$  PVC film (BF). They were stored at  $5 \pm 0.20^\circ\text{C}$  and  $42 \pm 2.00\%$  relative humidity and every four days, for 12 days the respective physicochemical variables were studied. The best condition for the storage of minimally processed pumpkin was after 8 days of storage and the type of packaging that was most adjusted was that Domo (expanded polyethylene trays and polyethylene terephthalate PET dome) which recorded average pH values ( $6.14 \pm 0.40$ ), TTA ( $0.11 \pm 0.01$ ), TSS ( $5.68 \pm 1.42$ ), % WI ( $2.18 \pm 1.42$ ), Humidity ( $94.94 \pm 0.77$ ),  $L^*$  ( $60.64 \pm 3.92$ ),  $C^\circ$  ( $46.19 \pm 4.35$ ),  $h^\circ$  ( $70.05 \pm 3.99$ ),  $\Delta E$  (11.98), YI ( $102.13 \pm 8.29$ ) and TC ( $706.85 \pm 58.13$ ).

**Keywords:** *Cucurbita*, humidity, packaging, texture parameters, storage.

## INTRODUCCIÓN

El zapallo es nativo de zonas tropicales y subtropicales como México y Sudamérica en donde su consumo es constante y con alta demanda local (Bisognin, 2002; Jun, Lee, Song & Kima, 2006). Esta hortaliza es uno de los frutos consumidos por parte de la población colombiana. En el año 2017, el departamento de Santander presentó la mayor producción de zapallo a nivel nacional con una participación del 18,74% que correspondió a 23240 toneladas, mientras que el Valle del Cauca ocupó el sexto lugar contribuyendo así el 7,49% los cuales correspondieron a 9290 toneladas (Agronet, 2017).

El zapallo también conocido como ahuyama, es una hortaliza perteneciente al género *Cucúrbita*, de la familia Cucurbitácea las cuales se caracterizan por ser versátiles, su epicarpio, mesocarpio carnoso, semillas, e incluso sus flores son comestibles (Darrudi, Nazeri, Soltani, Shokrpour, & Ercolano, 2018). Estas tienen numerosas especies que integran esta familia, representadas por cerca de 120 géneros y 800 especies (Della & Rodríguez, 2013). Cortez-Vega, Brose, Prentice & Dellinghausen (2014) aseguraron que “es un cultivo estacional que tradicionalmente se ha utilizado como fuente de alimento”. Entre las especies domesticadas por el hombre se tiene la *Cucúrbita máxima*, *Cucúrbita pepo*, *Cucúrbita moschata* y *Cucúrbita mixta*, son fuente importante de carotenoides (con > 80% de  $\beta$ -caroteno) (Azevedo & Rodríguez, 2007; Kurz, Carle & Schieber, 2008).

Este fruto se caracteriza por tener alto rendimiento debido a que contiene 1,3% de fibra y 96% de agua (Habibunnisa, Baskaran, Prasad & Shivaiah, 2001, Russo, et al., 2012), tiene bastante humedad y materia seca (10-15%) (Maynard, Carle & Elmstrom, 2001). Además, es rico en nutrientes como potasio, fósforo, magnesio, hierro, selenio, vitaminas B2, C, E, K, tiamina (B1) y riboflavina (B2), piridoxina (B6) (Nawirska-Olszanska, Biesiada, Sokół-Łetowska & Kucharska, 2014; Sharma & Rao, 2013).

Sasaki et al. (2005) afirmaron que la oferta de zapallo mínimamente procesado podría incentivar mucho más el consumo de esta hortaliza por la serie de nutrientes que esta contiene. En Colombia se produce y consume una variedad de hortalizas frescas, pero pocas son ofertadas mínimamente procesadas, se debería aprovechar mucho más por representar un mercado potencial. No obstante, problemáticas como las condiciones de

almacenamiento pueden acelerar la senescencia del zapallo mínimamente procesado, debido a que continua lentamente su proceso metabólico de respiración y transpiración, alto contenido de humedad por la ruptura del tejido del mesocarpio, ocasionando cambios de color, sabor, textura y calidad nutricional, pérdida de peso, pardeamiento, lesiones por frío lo cual origina deterioro, daño de tejidos y proliferación de microorganismos (Boas, Vilas, Boas, 2011; Burns, 1995; Rangel-Marrón & López-Malo, 2012; Roopa et al., 2015; Silva et al., 2009).

Justamente, en la actualidad el escaso tiempo para preparar diferentes tipos de alimentos hace que el mercado presente una gama de productos que sean prácticos para el consumidor. El constante cambio de la mentalidad del consumidor impulsa a que el mercado sea más dinámico, presentándose una oportunidad y un reto para los supermercados, tiendas locales, plazas de mercado y en algunos casos, los nuevos mercados campesinos localizados en grandes, medianas y pequeñas ciudades de ofrecer zapallo mínimamente procesado, debido a que generalmente suministran hortalizas en presentación en fresco.

Otro punto a considerar es que se han adaptado alternativas de conservación. Es así como Ragaert, Devlieghere & Debevere (2007) reportaron dos de las tecnologías de conservación más utilizadas para hortalizas mínimamente procesadas, la primera es baja temperatura y la segunda es atmósferas controladas (CA) o modificadas (MA), lo que hace cada una de estas tecnologías es disminuir la tasa de respiración de las hortalizas. Autores como Roopa et al. (2015) investigaron la vida útil de la fruta del pan (*Artocarpus altilis*) mínimamente procesada en atmosfera modificada pasiva. Los autores reportaron que de las muestras tratadas la tasa de respiración disminuyó presentando estabilidad del producto.

Del mismo modo, existen otros tipos de tecnologías, en las cuales están, el uso de productos químicos (compuestos que contienen cloro, entre otros), agua oxidante electrolizada, tratamientos térmicos suaves, irradiación, pulsos eléctricos, ultrasonidos, pulsos de luz, tratamiento UV-C, agentes anti-dorado, agentes acidificantes, soluciones de calcio, antimicrobianos naturales, recubrimientos de películas comestibles y envases activos, utilización de la energía de microondas, esta incluye el secado, el revenido, la esterilización, la cocción, entre otros. (Allende & Artés, 2003; Chong, Figiel, Law, &

Wojdyło, 2014; Curet, Rouaud & Boillereaux, 2014; Devlieghere, Vermeulen & Debevere, 2004; Emmambux & Minnaar, 2003; Gómez-López, Devlieghere, Bonduelle & Debevere, 2005; Koh, Noranizan, Nur, Karim & Rosli, 2017; O'Donnell, Tiwari, Bourke & Cullen, 2010; Ragaert, Verbeke, Devlieghere, & Debevere, 2004; Shi et al., 2013; Ștefănoiu, Tănase, Miteluț & Popa, 2016).

Por lo anteriormente descrito, se pretende evaluar el efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento sobre las variables de pH y acidez, porcentaje de humedad, parámetros de textura, Sólidos solubles, pérdida de peso, carotenoides totales, y color  $CIE_{L^*a^*b^*}$  en zapallo (*Cucúrbita moschata* D) Variedad Bolo verde mínimamente procesado.

## 4.1 Materiales y métodos

### 4.1.1 Material vegetal

Se utilizaron 35 kg de zapallo fresco (*Cucúrbita moschata* Duch) Variedad bolo verde proveniente del municipio de Restrepo (Valle del Cauca), ubicado a 1400 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 22°C y 90%HR (The Wheater Channel, 2016). El zapallo se recolecto en estado de madurez comercial, presentando características homogéneas de color  $L^* 54,83$ ,  $a^* 19,57$ ,  $b^* 43,64$  y un peso aproximado de  $1,5 \pm 0,5$  kg (el diámetro fue de 20cm de axial y 25cm ecuatorial) por zapallo. El material vegetal se dividió en 4 lotes, los cuales se acondicionaron en el Laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas y el Laboratorio de Tecnología de Leches de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, siguiendo las buenas prácticas de manufactura BPM (NTC 6005). El acondicionamiento consistió en un proceso de lavado con agua potable en una relación 1:4, posteriormente se desinfecto con hipoclorito a una concentración de 100 ppm durante 10 minutos, se dejó secar el exceso de agua a temperatura ambiente (Figura 4-1). Una vez seco, se procedió a cortarlo longitudinalmente en 4 partes empleando un cuchillo previamente desinfectado, retirando la semilla y la piel en juliana, el corte en juliana se seleccionó luego de realizar varios experimentos donde se evidencio que era el acondicionamiento con mejor respuesta durante el tiempo de almacenamiento. Los cortes en julianas se realizaron utilizando el procesador de vegetales (JAVAR, CELME, Italia) en julianas de 4 mm de espesor 6 mm ancho y 80 mm de largo, luego se empacaron aproximadamente 150 g en bandejas de polietileno expandido, permeabilidad al agua

12000 mL cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> cm Hg<sup>-1</sup> 13 cm x13 cm x 1,3 cm y domo de polietileno tereftalato PET, permeabilidad al agua de 1300 ml cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> cm Hg<sup>-1</sup> 13 cm x 13 cm x 8 cm (BPT) y bandeja de poliestireno expandido y film de PVC calibre 14µm (BF) (Figura 4-1) e inmediatamente se realizó los análisis fisicoquímicos para la muestra control y el resto de las muestras se almacenaron en cámara climática (MEMMERT ICH 260 L, Alemania) a 5±0,20°C y 42±2,00% de humedad relativa la cual fue medida con un higrómetro (EXTECH, 445702, China) diariamente y se midieron los atributos de calidad cada cuatro días, durante 12 días. Básicamente las julianas se seleccionaron para poder facilitar la manipulación, empaque y operaciones posteriores de conservación (cocción, deshidratación congelación).



**Figura 4-1** Tipos de empaque a) Domo b) Film para zapallo mínimamente procesado en julianas

**Fuente:** (Autoría propia, 2017)

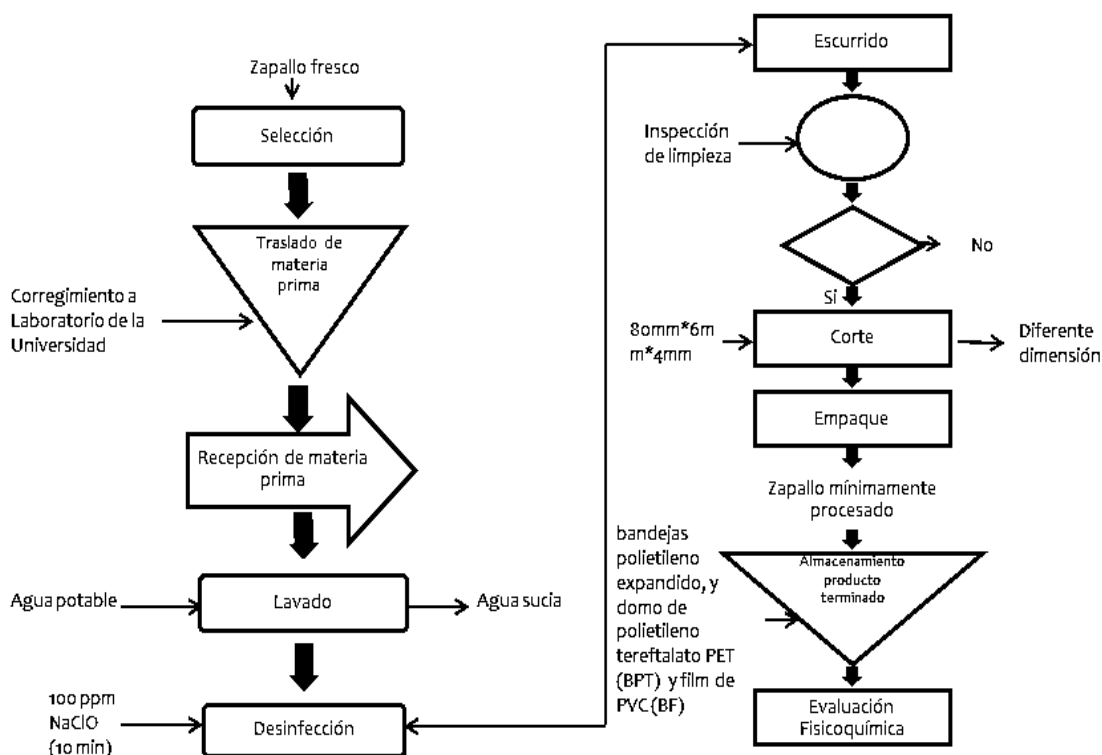
### 4.1.2 Análisis fisicoquímico



**Figura 4-2** Proceso del acondicionamiento de zapallo mínimamente procesado

**Fuente:** Autor propio, 2018

A continuación se desglosarán los procesos y metodología de cada uno de los parámetros fisicoquímicos que se realizaron al zapallo mínimamente procesado en julianas, tal y como lo representa la Figura 4–2 y 4–3



**Figura 4-3** Diagrama de flujo de las operaciones requeridas para el acondicionamiento de zapallo mínimamente procesado.

**Fuente:** Autor propio, 2018

### Contenido de Humedad (%)

Se evaluó el contenido de humedad (H) utilizando una balanza de humedad (Mettler Toledo, AB 204, Suiza), se tomaron 5 gramos de muestra fresca empleando crisoles de porcelana previamente tarados mediante el método 934.01 modificado (AOAC, 1995). Las muestras fueron llevadas a secado en un horno (MLW, Modelo 13, España) a 105 °C por 24 horas. Estas se desecaron por 1 h y se registró el respectivo peso. Estos datos correspondieron a las ganancias o pérdidas de humedad durante el almacenamiento. La determinación se realizó por duplicado.



### **Determinación de pH y Acidez**

Para la determinación de pH y acidez se pesaron 5 g de mesocarpio, fueron llevados a un extractor mecánico (Black & Decker, JE 1500, China) hasta su homogenización y se mezclaron con 50 mL de agua destilada en proporción 1:10 v/v, hasta obtener una disolución uniforme. Se determinó el pH según el método 981.12/90 de la AOAC utilizando un pH metro (Sper Scientific, Benchtop pH/MV Meter - 860031, Arizona, EE.UU) previamente calibrado con soluciones tampón de 4,01 y 7,00. Para determinar acidez (g ácido cítrico/100g de pulpa) se tituló con hidróxido de sodio 0,1 N y fenolftaleína (3 gotas) hasta llegar a una débil coloración rosada permanente en la solución de pH 8,1. El grado de acidez se determinó como porcentaje de ácido cítrico, según el método adaptado 942.05/90 de la AOAC y 11289/1993 ISO, la acidez con la técnica ATT (% ácido cítrico/100 g de muestra b.s), AOAC 920.43 (2005).

### **Sólidos solubles**

El contenido de sólidos solubles totales (°Brix) se determinó de acuerdo al método 932.12/90 de la AOAC, usando en refractómetro de mano Atago (Pocket, PAL-1, EE.UU).

### **Pérdida de peso**

La pérdida de peso se determinará de acuerdo al protocolo descrito por Achipiz et al. (2013), usando una balanza analítica (BOECO, Alemania) y la ecuación (1):

$$\%Pp = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100 \text{ Ec. (1)}$$

Dónde: Pp Peso promedio, Pi Peso inicial, Pf Peso final.

### **Carotenoides Totales**

La extracción y cuantificación de los carotenoides se realizó de acuerdo al protocolo descrito previamente por Martínez-Girón, Rodríguez-Rodríguez, Pinzón-Zárate & Ordóñez-Santos (2017) según la ecuación (2), pero con algunas modificaciones. Donde 0,10 g de mesocarpio se extrajo previamente, se disolvió con una solución de 7 mL etanol-hexano 4:3 v/v, luego las muestras fueron llevadas a un agitador planetario durante 1 h a 250 rpm. Al cumplir la hora, se adicionó a cada tubo 1 mL de agua destilada y se continuó la agitación durante 10 min más. Una vez separada la fase acuosa y la fase

orgánica, 2,5 mL de esta última fueron retirados y fueron trasvasados a un tubo limpio. Finalmente, la absorbancia del extracto obtenido se midió en el espectrofotómetro (JENWAY 6320D, 2014) a 450 nm frente a un blanco de hexano y la concentración de los carotenoides ( $\mu\text{g/g}$ ) se determinaron aplicando el coeficiente de extinción  $\varepsilon_{1\text{cm}}^{1\%} = 2560$  de  $\beta$ -caroteno en hexano (Hart & Scott, 1995).

$$CT = \frac{Abs_{450nm} * v (mL) * 10^5}{\varepsilon_{1cm}^{1\%} * p_g} \text{ Ec. (2)}$$

### Color superficial

El color superficial de las muestras del mesocarpio del zapallo se evaluaron usando un colorímetro (Konica Minolta, Croma Meter-CR-400, Japón), considerando el protocolo descrito por De Belie, Schotte, Coucke & De Baerdemaeker (2000) y Ordóñez-Santos, Martínez-Girón & Arias-Jaramillo (2017). Estas muestras obtenidas luego de cortar una porción del zapallo, fueron medidas por triplicado mediante las coordenadas de color  $L^*$ ,  $a^*$ , y  $b^*$ , tomando como sistema de referencia un iluminante D65, el observador estándar de  $2^\circ$  y valores de calibración  $Y=89,5$ ;  $x=0,3176$ ;  $y=0,3347$ . Mendoza et al. (2006) sugiere este sistema como el mejor espacio de color para la cuantificación en alimentos con superficies curvas. La cromaticidad ( $C^\circ$ ), el tono ( $h$ ), cambio de color  $\Delta E$  y el índice de amarillamiento (YI) se calcularon usando las ecuaciones (3)-(4) (Guiné & Barroca, 2012), la ecuación (5) (Martínez-Girón et al., 2017) y (6) (Kaushik, Kaur, Rao & Mishra, 2014):

$$C^\circ = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3)$$

$$\left[ \begin{array}{l} h^\circ = \arctg(b^*/a^*) , \text{ para } a^*>0; b^*>0 \\ h^\circ = 180^\circ + \arctan(b^*/a^*) , \text{ para } a^*<0; b^*>0 \\ h^\circ = 270^\circ + \arctg(b^*/a^*) , \text{ para } a^*<0; b^*<0 \\ h^\circ = 360^\circ + \arctg(b^*/a^*) , \text{ para } a^*>0; b^*<0 \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (5)$$

$$YI = 142.86 (b^*/L^*) \quad (6)$$

### **Evaluación de textura**

Parámetros de textura como firmeza, adhesividad, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad se midieron en zapallo mínimamente procesado para cada condición de almacenamiento a partir de un análisis de perfil de textura (APT) en el texturómetro EZtest-S (Shimadzu Corporation, Japón) previamente calibrado y el Software Trapezium<sup>2</sup> (Texture Expert para Windows v.1.20, Microsystems Estable). Las condiciones del análisis fueron: Velocidad de ensayo ( $30 \text{ mm min}^{-1}$ ), desplazamientos (10 mm) y tiempo entre los dos ciclos (2s), con una celda de carga (500 N), utilizando una prensa en forma de dientes B (30mm; ángulo  $60^\circ$ ) en la parte superior y una pieza inferior para prueba de corte. Estas condiciones se definieron a través de pruebas previas en muestras de zapallo mínimamente procesado en julianas. La fuerza pico requerida para penetrar las muestras se mencionó como una medida de la firmeza de la muestra. Los análisis se realizaron en duplicado para cada empaque (Domo y Film) y los resultados que se expresaron como promedio  $\pm$  desviación estándar. Cuatro muestras del producto fueron evaluadas para cada uno de los días 0, 4, 8 y 12 del periodo de almacenamiento.

### **Diseño experimental**

Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial, los factores de estudio fueron el tiempo con cuatro niveles (0, 4, 8 y 12 días) y el tipo de empaque (Domo y Film). La temperatura y humedad relativa fue de  $5 \pm 0,20^\circ\text{C}$  y  $42 \pm 2,00\%$  respectivamente, cada tratamiento contó con dos repeticiones, efectuándose el análisis ANOVA y la prueba de Tukey para identificar las diferencias entre los tratamientos, a un nivel de significación de  $p < 0,05$ . Se realizó una prueba t-Student para el análisis de los tipos de empaque. Todos los análisis se realizaron bajo el software SPSS para Windows v.18. Las variables de respuestas fueron contenido de humedad, pH, acidez, sólidos solubles, pérdida de peso, color superficial, carotenoides totales y textura.

## 4.2 Resultados y discusión

En la Tabla 6 se presentan los parámetros de pH y acidez, los cuales no reportaron cambios significativos en ninguno de los factores estudiados y donde también se relaciona el respectivo análisis ANOVA de estos y los demás factores de estudio (contenido de humedad, pérdida de peso, sólidos solubles totales, color  $CIE_{L^*a^*b^*}$  y carotenoides totales). El pH y la acidez obtenidos en esta investigación fueron menores que los reportados por Sgroppo & Sosa (2009) (pH=7,01-7,07) (ATT=0,045-0,061) y similares a los de Silva et al. (2009) (pH=6,47-7,58) (ATT=0,083-0,158). Boas, Alves & Boas (2011) (pH=6,16-6,71) también estudiaron el comportamiento de pH para zapallo mínimamente procesado; además de los diferentes tipos de corte (rodajas, rallado y en cubos) y de tiempo (5, 9, 14 días) de almacenamiento, presentando valores que coinciden con los reportados en la Tabla 6.

Igualmente, estudios para melón mínimamente procesado presentaron un comportamiento similar en estos dos parámetros a través del tiempo de almacenamiento, para cada uno de los diferentes tipos de empaque (pH=5,31-5,91) (ATT=0,76-0,137) (Aguayo, Allende & Artés, 2003). Por último, Dawange, Dash, Bat & Panda (2016) estudiaron el efecto del empaque modificado PM y empaque con atmosfera modificada MAP, para zanahoria mínimamente procesada almacenada a 2°C en un periodo de 40 días, donde obtuvieron valores de pH de 5,00 a 6,15 en el cual presentó una fluctuación ascendente en el periodo de almacenamiento. De modo que, los métodos de conservación de atmosfera modificada permitieron darle estabilidad a los citados frutos (zapallo, melón y zanahoria).

Aunque la mayoría de los rangos de los valores de pH y acidez de los estudios anteriormente mencionados son semejantes a éste (Tabla 6), su comportamiento a través del tiempo de almacenamiento es contrario, debido a que tal y como se observa en la Tabla 6 registró valores de pH decrecientes. Probablemente, este resultado es consecuencia de las condiciones de almacenamiento (5°C y 42%HR) realizadas en el presente estudio donde todas las muestras fueron expuestas a la interacción con el oxígeno  $O_2$ , permitiendo que la flora microbiana presente en zapallo mínimamente

procesado adelantarán su metabolismo, desdoblando los almidones a azúcares y los azúcares a ácidos orgánicos y microorganismos (mohos y levaduras).

Los sólidos solubles totales no presentaron diferencias significativas en el empaque, tiempo, ni en su respectiva interacción. Los sólidos solubles totales evaluados proporcionaron valores medios de  $4,43 \pm 0,08$  hasta  $6,28 \pm 1,06$ . Cortez-Vega et al. (2014) evaluaron la conservación del zapallo (*Cucúrbita moschata* Duch) procesado con el uso de recubrimientos comestibles a base de goma de xantano a diferentes concentraciones y fue almacenado durante 12 días a una temperatura de 4 °C, los valores de sólidos solubles mostraron similitud a los obtenidos en este estudio (SST= 5,20-6,90).

En general, se observó una disminución de pH y acidez, mientras que los sólidos solubles totales aumentaron a lo largo de su almacenamiento. Sin embargo; en algunos casos se observó una tendencia inversa durante los primeros cuatro días de almacenamiento. Una de las causas que se pudo presentar fue la disminución del contenido de azúcares y un posible aumento en la actividad respiratoria por el efecto de las bajas temperaturas (Ayala-Zavala, Wang, Wang & González-Aguilar, 2004).

El parámetro de pérdida de peso (Pp) ( $p \leq 0,001$ ) presentó cambios estadísticamente significativos para el tipo de empaque (E); pero no para tiempo (t), ni para su respectiva interacción de estos dos parámetros (E\*t). En cambio aunque en el porcentaje de humedad ( $p \leq 0,001$ ) se encontraron diferencias estadísticamente significativas para empaque, también lo hizo para t; sin embargo, no hubo efectos significativos para E\*t. Para el efecto de empaque se evidenció mayor pérdida de peso para el tipo de empaque Film ( $12,07 \pm 16,50\%$ ) que para Domo ( $2,78 \pm 0,76\%$ ), la cual es corroborada por la variable de humedad Film ( $95,33 \pm 0,21$ ) y Domo ( $95,39 \pm 0,10$ ) a los 12 días de almacenamiento. El zapallo mínimamente procesado presentó daño fisiológico a los 12 días para los dos tipos de empaque, dando una apariencia viscosa (condensación de agua), color marrón y mal olor en la materia prima empacada con Film, mientras que para el tipo de empaque Domo presentó deshidratación y mal olor (cambios en las propiedades bioquímicas).

La pérdida de peso y disminución del contenido de humedad es el resultado de la deshidratación del producto, viéndose reflejado en mayor medida para el empaque film (bandejas de poliestireno cubiertas con PVC). Esto proceso ocurre por las baja humedad

relativa presente en el momento de estudio (42% HR) en las condiciones de almacenamiento en la cámara climática; también pudo deberse al proceso de pelado y corte del fruto, exponiendo así el tejido al ambiente y favoreciendo la velocidad de evaporación del agua (Russo et al., 2012). En efecto, pudo haberse presentado a un fenómeno de masa el cual arrastraba parte de la humedad contenida en las muestras de julianas (mayor área de contacto) al ambiente.

**Tabla 6** Composición fisicoquímica de zapallo mínimamente procesado (julianas), empaque bandeja de polietileno expandido y domo de poliestileno tereftalato PET (Domo) y bandeja de polietileno expandido y film de PVC (Film), almacenado a 5°C y 42%HR

DOMO t (días)	pH	ATT	SST (°Brix)	%Pp	Humedad (%)
0	6,77±0,23Aa	0,11±0,03Aa	4,53±0,06Aa	0,00±0,00Aa	99,31±0,20Aa
4	6,86±0,42Aa	0,10±0,05Aa	4,83±0,08Aa	3,03±2,83Ab	96,83±0,36Bb
8	6,14±0,40Aa	0,11±0,01Aa	5,68±1,42Aa	2,18±1,42Ab	94,94±0,77Bc
12	6,76±0,32Aa	0,07±0,02Aa	6,05±1,27Aa	2,78±0,76Ab	95,39±0,10Bc
<b>FILM</b>					
4	6,89±0,39Aa	0,10±0,03Aa	4,43 ±0,08Aa	3,29±2,74Ab	96,83±0,36Bb
8	6,72±0,67Aa	0,09±0,02Aa	6,28±1,06Aa	9,21±10,13Ab	95,50±0,13Bc
12	6,55±0,49Aa	0,07±0,01Aa	5,85±1,77Aa	12,07±16,50Ab	95,33±0,21Bc
<b>ANOVA E</b>	NS	NS	NS	***	***
t	NS	NS	NS	NS	***
Ext	NS	NS	NS	NS	NS

E: Empaque y t: tiempo; ATT: Acidez titulable total (ácido cítrico/100 g de muestra b.s); %Pp: Pérdida de peso; % Humedad: Porcentaje de humedad. Para las diferencias en el efecto del tiempo se utilizaron las letras (A, B, C) y para efectos de Empaque (a, b, c). (\*) Indica que la diferencia de medias es significativa (Tukey,  $\leq 0,05$ ), (\*\*) indica que la diferencia de medias es medianamente significativa (Tukey,  $\leq 0,01$ ) y (\*\*\*) indica que la diferencia de medias es altamente significativo (Tukey,  $\leq 0,001$ ) y (NS) indica que la diferencia de las medias no es significativas.

Los valores de luminosidad  $L^*$ , cromaticidad  $C^\circ$ , tonalidad  $h^\circ$ , diferencia de color  $\Delta E$  e índice de amarillamiento IA no se vieron afectadas significativamente para ninguno de los factores ( $p < 0,05$ ) (Empaque, tiempo y Empaque x tiempo), tal y como se observa en la Tabla 7. Estos parámetros indicaron valores medios los días 4, 8 y 12 de almacenamiento en  $L^*$  ( $54,80 \pm 14,09$  –  $60,64 \pm 3,92$ ),  $C^\circ$  ( $40,71 \pm 16,56$  –  $50,61 \pm 5,21$ ),  $h^\circ$  ( $63,28 \pm 6,62$  –  $70,11 \pm 4,22$ ),  $\Delta E$  ( $1,64$  –  $13,9$ ) e IA ( $91,16 \pm 30,49$  –  $120,43 \pm 16,86$ ).

La luminosidad  $L^*$  y tonalidad  $h^\circ$  tuvieron un efecto mayor que el de control para el tipo de empaque Domo para el periodo de almacenamiento, por el contrario cromaticidad  $C^\circ$ ,

diferencia de color  $\Delta E$  e índice de amarillamiento IA presentaron una disminución a través del tiempo de almacenamiento para este empaque. Así mismo, para el tipo de empaque Film el comportamiento para cada una de estas variables fue inverso al que se observó para Domo. A pesar de su tendencia, se observó que para el empaque Domo después de los ocho días se presenta un decrecimiento, esto también se ve reflejado para el empaque Film; pero después de los cuatro días. Para el empaque Film tuvo un efecto inverso y decreciente en su color, el cual evidencia una degradación de pigmentos mayor en los tejidos del fruto.

**Tabla 7** Coordenadas de color CIE<sub>L\*a\*b\*</sub> y Carotenoides Totales de zapallo mínimamente procesado.

DOMO t (días)	L*	C°	h°	$\Delta E$	IA	CT ( $\mu\text{g/g}$ )
0	54,83 $\pm$ 2,17Aa	47,83 $\pm$ 5,30Aa	65,84 $\pm$ 0,26Aa	-	114,17 $\pm$ 17,60Aa	842,51 $\pm$ 64,96Aa
4	54,88 $\pm$ 8,18Aa	43,57 $\pm$ 13,43Aa	67,37 $\pm$ 5,23Aa	13,90	102,68 $\pm$ 22,87Aa	754,03 $\pm$ 78,70Bab
8	60,64 $\pm$ 3,92Aa	46,19 $\pm$ 4,35Aa	70,05 $\pm$ 3,99Aa	11,98	102,13 $\pm$ 8,29Aa	706,85 $\pm$ 58,13Bb
12	59,66 $\pm$ 6,53Aa	48,23 $\pm$ 8,09Aa	69,18 $\pm$ 5,94Aa	1,64	107,24 $\pm$ 13,38Aa	419,97 $\pm$ 37,65Bc
<b>FILM</b>						
4	56,66 $\pm$ 4,42Aa	50,61 $\pm$ 5,21Aa	70,11 $\pm$ 4,22Aa	8,56	120,43 $\pm$ 16,86Aa	785,50 $\pm$ 45,57Bab
8	55,39 $\pm$ 9,31Aa	40,71 $\pm$ 16,56Aa	63,28 $\pm$ 6,62Aa	5,26	91,16 $\pm$ 30,49Aa	703,33 $\pm$ 56,20Bb
12	54,80 $\pm$ 14,09Aa	41,03 $\pm$ 13,85Aa	63,96 $\pm$ 9,02Aa	6,44	94,20 $\pm$ 20,18Aa	504,52 $\pm$ 61,56Bc
<b>ANOVA</b>						
E	NS	NS	NS	NS	NS	***
t	NS	NS	NS	NS	NS	***
E x t	NS	NS	NS	NS	NS	NS

E: Empaque y t: tiempo; L\*: luminosidad; C°: cromaticidad; h°: tonalidad,  $\Delta E$ : Diferencia de color, IA= Índice de amarillamiento y CT: carotenoides totales ( $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno/g muestra b.s). Para las diferencias en el efecto del tiempo se utilizaron las letras (A, B, C) y para efectos de Empaque (a, b, c). (\*) Indica que la diferencia de medias es significativa (Tukey,  $\leq 0,05$ ), (\*\*) indica que la diferencia de medias es medianamente significativa (Tukey,  $\leq 0,01$ ) y (\*\*\*) indica que la diferencia de medias es altamente significativo (Tukey,  $\leq 0,001$ ) y (NS) indica que la diferencia de las medias no es significativas.

Todo esto se pudo deber a la afección que presento el fruto por los respectivos cortes y ruptura de la membrana del zapallo. Además, tal vez estos valores indicaron variaciones

debido a la deshidratación por la concentración de compuestos bioactivos presentes en la matriz de estudio y por fenómenos de isomeración.

Estudios como los de Russo et al. (2012) de zapallo en cubos acondicionado en envases plásticos de nylon + polietileno y sometidos a aplicación de gases ( $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ ) en diferentes concentraciones, indicaron una luminosidad mayor en  $L^*$  (61,6-74,6) que las que arrojo el estudio (Tabla 7). Andón-Sánchez, Chávez- Jáuregui & Wessel-Beaver (2016) estudiaron el comportamiento del zapallo mínimamente procesado (*Cucúrbita moschata*) en los parámetros del color en cubos de  $2 \text{ cm}^3$  sumergidos en diferentes concentraciones de solución microbiana y empacados en bolsas de LDPE por un tiempo de almacenamiento de 20 días, el cual arrojo los rangos colorimétricos de  $L^*$  (64,28–65,79),  $C^\circ$  (78,28–81,98) y  $h^\circ$  (64,32–64,90). Estos estudios presentaron valores más altos que los estudiados para zapallo mínimamente procesado en julianas.

Las variables de  $\Delta E$  e IA no presentan efectos estadísticamente significativos ( $p > 0,05$ ) (Tabla 7). Estos mostraron concordancia con las demás variables colorimétricas, evidenciando una mayor intensidad de amarillo lo cual indica presencia de pigmentos carotenoides. En la Tabla 7 se puede observar como para el empaque Domo la diferencia de color incrementó hasta el día ocho y a los doce presenta una disminución drástica tanto para  $\Delta E$  como para IA. Igualmente pasa con el empaque Film hay diferencias importantes que confirman una vez más el deterioro que ejerce este tipo de empaque al producto en julianas. Es probable, que el Film al estar en contacto directo con el tejido del zapallo mínimamente procesado desencadeno un estrés presentando desde los 8 días procesos de reacciones de Mallar o necrosis (muerte del tejido).

La concentración de carotenoides totales presento cambios significativos tanto para el factor empaque ( $p < 0,001$ ) como para tiempo ( $p < 0,001$ ); no obstante no presento diferencias estadísticamente significativas en su interacción  $E \times t$  ( $p > 0,05$ ) (Tabla 7). En cuanto a los valores medios de los empaques la concentración de carotenoides en empaque Domo (626,95) fueron menores que para el empaque Film (664,45  $\mu\text{g/g}$ ). Probablemente, esto se debió a que en el empaque Film hubo una oxidación en la materia vegetal estudiada. La concentración media de los carotenoides manifestó una degradación para cada uno de los empaques y a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento (Control=842,51, 4 días= 769,76, 8 días= 705,09 y 12 días= 462,25)



µg/g, esto mismo se puede corroborar con el comportamiento presentado por las demás variables estudiadas (Tabla 7). A los 12 días de almacenamiento este se vio afectado en su pigmentación, contribuyendo una disminución en la concentración de carotenoides para cada uno de los empaques.

Salvador, Varela & Fiszman (2007), reportaron que el ablandamiento y pérdida de textura se debe a temperaturas bajas, las cuales promueven la disminución de la actividad de las enzimas (pectinmetilesterasas y poligalacturonasas), las cuales participan en la eliminación de pectinas de una de las paredes medias (Salinas-Hernández, Pirovani, Gardea-Béjar & González-Aguilar, 2010). A lo mejor, por este motivo se da la oxidación, la cual pudo estar comprometida por ruptura e inestabilidad de los carotenoides y en efecto cambios de color y degradación como tal de la pared de los tejidos (oscurecimiento enzimático).

Habibunnisa, Baskaran, Prasad & Mysone (2001) utilizaron diferentes métodos para prolongar la vida útil del zapallo (*Cucúrbita maxima*) mínimamente procesado. Empacaron cantidades de zapallo en bolsas de polipropileno (PP) y poliestileno de baja calidad (LDEP) al vacío. Fueron 25 días de almacenamiento y el comportamiento de carotenoides se mantuvo en su mayor tiempo estable con concentraciones de 590,08-608,48 µg/100g a excepción de LDEP al vacío que drásticamente se degradaron sus carotenoides a 12,85 µg/100g. Dichos valores fueron diferentes a los estudiados en esta investigación.

Para resumir, las variables de pH, acidez, sólidos solubles, pérdida de peso, contenido de humedad, parámetros colorimétricos CIE<sub>L\*a\*b\*</sub> y carotenoides totales, dan como resultado un efecto favorable para el empaque Domo y no para Film, al haberse presentado en el tiempo de almacenamiento cambios drásticos para Film de color, pH ligeramente ácido, altos porcentajes de peso, disminución de humedad y de concentración de carotenoides. El empaque tipo Domo no presentó reacciones de Mallard y su pérdida de peso fue mucho menor que el de Film.

Rodríguez-Amaya et al. (1997) afirman que esto se debió a un conjunto de comportamientos tales como: la formación de radicales libres, inicio de peroxidación de lípidos, inactivación de proteínas, cantidades significativas de O<sub>2</sub>, que sumados

presentaron un efecto de oxidación e isomerización durante el procesamiento y el almacenamiento. A su vez Rodríguez-Amaya (2001) agrega que existen otro tipo de consecuencias que se presentan como lo son la pérdida de color, formación de compuestos volátiles que promueven aromas agradables o no agradables en los alimentos. Sasaki et al. (2014) complementan con que estos resultados se deben también a la reducción del metabolismo por bajas temperaturas, produciendo disminución en el proceso de degradación de los carotenoides.

En este estudio se midió también las propiedades de textura para zapallo mínimamente procesado en presentación de julianas. Parámetros como firmeza **F** (N), Adhesividad **A** (N\*mm), cohesividad **CH**, elasticidad **EL**, gomosidad **GO** (N) y masticabilidad **MA** (N), evaluaron el comportamiento que presentó el zapallo en el periodo de almacenamiento, realizándose un análisis estadístico ANOVA el cual se observa en la Tabla 5. La **F** ( $p \leq 0,001$ ) tuvo cambios significativos por el empaque **E**, tiempo **t** y la interacción de ambos **E\*t**. Para el caso de la **A** ( $p > 0,050$ ) no hubo diferencias estadísticamente significativas para ninguno de las dos variables **E** y **t**, ni tampoco en la interacción de estas **E\*t**. El parámetro de **CH** presento un efecto estadísticamente significativo para **E** ( $p \leq 0,050$ ), **t** ( $p \leq 0,001$ ) y **E\*t** ( $p \leq 0,010$ ) en el proceso de almacenamiento de zapallo mínimamente procesado (Tabla 8).

En cuanto a la **EL** solamente tuvo diferencias estadísticas para la interacción **E\*t** ( $p \leq 0,050$ ) (Tabla 8). La **GO** presentó un efecto estadístico muy marcado en el factor **t** ( $p \leq 0,001$ ); sin embargo, para los demás factores no ocurrieron cambios estadísticos significativos. Para finalizar, los factores de **GO** y **MA** no tuvieron diferencias significativas para los tipos de empaque **E**, pero si para el tiempo **t** ( $p \leq 0,001$ ) de almacenamiento, mostrando diferencias altamente significativas. Pese a que estas dos variables tuvieron comportamientos semejantes para los dos primeros factores evaluados, en el caso de la interacción **E\*t**, la **GO** no tuvo diferencias estadísticamente significativas, en cambio **MA** ( $p \leq 0,001$ ) sí (Tabla 8).

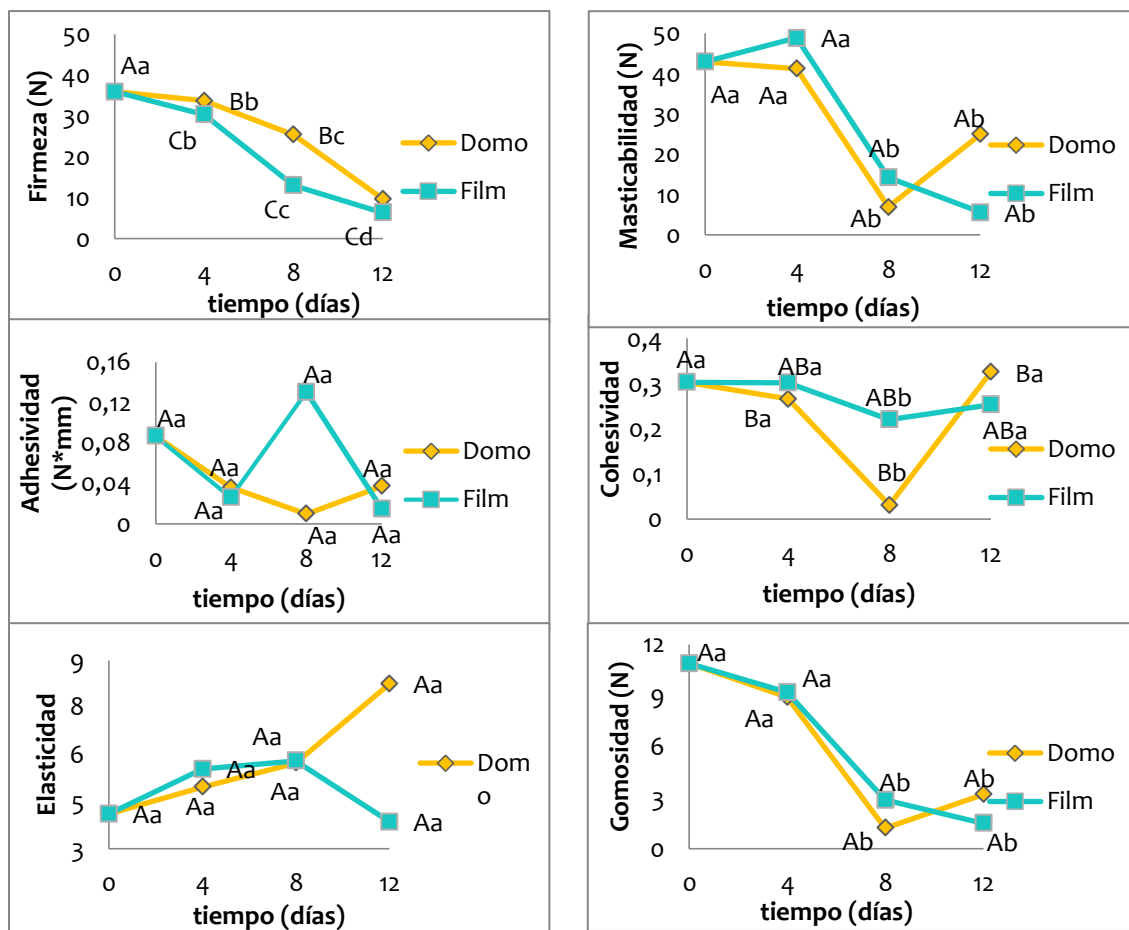
**Tabla 8** ANOVA Análisis de Perfil de Textura APT para zapallo mínimamente procesado 5°C 42% HR almacenado 12 días

		FIRMEZA (N)	ADHESIVIDAD (N*mm)	COHESIVIDAD	ELASTICIDAD	GOMOSIDAD (N)	MASTICABILIDAD (N)
	Empaque (E)	***	N.S	*	N.S	N.S	N.S
<b>ANOVA</b>	tiempo (t)	***	N.S	***	N.S	***	***
	E*t	***	N.S	**	*	N.S	***

(\*) Indica que la diferencia de medias es significativa (Tukey,  $\leq 0,05$ ), (\*\*) indica que la diferencia de medias es medianamente significativa (Tukey,  $\leq 0,01$ ) y (\*\*\*) indica que la diferencia de medias es altamente significativo (Tukey,  $\leq 0,001$ ) y (NS) indica que la diferencia de las medias no es significativas.

Además de la Tabla 8 que representó el resultado estadístico de las propiedades de textura APT, se realizaron las respectivas gráficas del comportamiento a través del tiempo de almacenamiento que registro el producto de zapallo en julianas, tal y como se puede observar en la Figura 4-4. La firmeza representó el primer ciclo de comprensión que realizó el equipo analizador de textura (textúmetro) y el cual simulo la primera mordida en la boca, este arrojó una fuerza de 35,95 N, con esta muestra se rompieron parte de los tejidos del fruto, esto se debe a que las julianas estaban en su estado más fresco; pero a medida que el tiempo transcurrió (12 días de almacenamiento) su firmeza disminuyó significativamente, de tal modo que la **F** del mesocarpio para el día 12 presentó un ablandamiento del tejido de casi 26% y su menor valor fue de 6,37 N.

Estudios como el de Blanco-Díaz, Pérez-Vicente & Font (2016) presentan un efecto estadísticamente significativo también para el parámetro de **F** ( $p \leq 0,001$ ) para calabacín (*Cucúrbita pepo* L) en rodajas con 0,6 cm de espesor, empacadas en bandejas y dos tipos de película film (25  $\mu\text{m}$  y 40  $\mu\text{m}$ ), donde la pérdida de firmeza estuvo relacionada con los cambios en la instauración de los ácidos grasos y los cambios en la fluidez de la membrana de la membrana, lo cual posiblemente le pudo haber pasado a las muestras de zapallo en julianas almacenado a los 12 días, 5°C y 42%HR. La adhesividad fue menor a los 12 días de almacenamiento y su apariencia visualmente tuvo una textura blanda en la materia prima en julianas; este parámetro simuló la fuerza y desplazamiento que se requirió para que el alimento se incorpore entre el paladar y los dientes, y a la vez se desintegrará. Este parámetro arrojó valores de 0,037 N\*mm y 0,015 N\*mm para Domo y Film respectivamente a los 12 días (Figura 4–4).



Las propiedades de textura APT firmeza, adhesividad, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad presentaron diferencias estadísticas (Tukey, <0,05) en el efecto del Empaque (Domo y Film) para los cuales se utilizaron las letras (A, B, C), de igual forma se hizo para el efecto que se presentó de tiempo (a, b, c).

**Figura 4-4** Efecto del periodo de almacenamiento (12 días a 5°C y 42%HR) sobre algunas propiedades de textura de zapallo (*Cucurbita moschata* D Var. Bolo verde) mínimamente procesado, empleando dos tipos de empaque (Domo y Film)

**Fuente:** Elaboración propia.

La **A** fue menor a los 12 días de almacenamiento, este simulo la interacción del fruto en el paladar y los dientes. En cuanto a la cohesividad **CH**, en la Figura 4-4 se observa que hubo una tendencia decreciente hasta el día 8; sin embargo, a los 12 días para el empaque Domo se evidencio mayor resistencia **CH** y menor adhesividad **A**. Una de las posibles causas pudo haber sido la pérdida de humedad que las muestras presentaron a

medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento, reflejando así una posible oxidación en las muestras de zapallo en julianas. Estudios como el de Roopa et al. (2015) presentaron un comportamiento contrario para el caso de la **CH** y la **EL** en el tiempo de almacenamiento de palitos de fruta de pan (*Artocarpus altilis*), estos aumentaron en el periodo de almacenamiento.

La **EL**, **GO** y **MA** presentaron mayor frescura en el empaque Domo y es por eso que en la Figura 4-4 la fuerza que se ejerció para este aunque disminuyó a través del tiempo fue mayor que para Film, mostrando así que después de 8 días de almacenamiento todas las variables fueron afectadas por el tipo de empaque siendo Domo el que mejores resultado presentó para muestras de zapallo mínimamente procesadas y almacenadas en julianas a 5°C y 42%HR durante 12 días almacenamiento. Es así como a los 12 días el mesocarpio presentó oscurecimiento y apariencia acuosa (deterioro).

Salvador, Varela & Fiszman (2007), reportaron que el ablandamiento y pérdida de textura se deben a temperaturas bajas, las cuales promueven la disminución de la actividad de las enzimas (pectinmetilesterasas y poligalacturonasas), las cuales participan en la eliminación de pectinas en la membrana de la membrana. Es por esto que se da la oxidación la cual se presenta por ruptura e inestabilidad de los carotenoides presentando cambios en el color y degradación como tal de los tejidos, y oscurecimiento enzimático, catalizado por enzimas como polifenol oxidasa y proteasas vegetales (Salinas-Hernández et al., 2010). Todos estos comportamientos pueden explicar en resumen lo que ocurrió en este estudio a media que transcurría el tiempo de almacenamiento de las muestras en julianas.

### 4.3 Conclusiones

- En este estudio los factores (empaque y tiempo) no afectaron significativamente el pH, la acidez total y los sólidos solubles en zapallo mínimamente procesado, por el contrario, la pérdida de peso se ve afectada por el tipo de empaque, y la humedad cambia significativamente por efecto de los dos factores de estudio, en ninguno de los casos la interacción de los factores de estudio incidió significativamente en las variables estudiadas.

- La concentración de los carotenoides totales en el zapallo mínimamente procesado fueron afectados significativamente por el tipo de empaque y el tiempo de almacenamiento, mientras que el color  $CIE_{L^*a^*b^*}$  no presentaron cambios significativo por efecto de los factores de estudio.
- Para el caso del parámetro de textura la firmeza y cohesividad fueron afectados significativamente por los factores de estudio y su interacción, mientras que la gomosidad y masticabilidad cambian significativamente por efecto del tiempo de almacenamiento.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, las condiciones mínimas que permitirían conservar el zapallo mínimamente procesado en julianas, correspondería a la utilización del empaque tipo "Domo" a una temperatura de 5°C y una humedad relativa de 42%HR durante 8 días.

## Recomendaciones

Se recomienda realizar un estudio de investigación evaluando el efecto de almacenamiento óptimo de la variedad y las propiedades fisicoquímicas de zapallo fresco tomando como punto de referencia las condiciones ideales presentadas en este estudio. Además se recomienda realizar un análisis microbiológico y otro tipo de propiedades las cuales enriquecerían los estudios de literatura científica en Colombia.

Para el estudio de zapallo mínimamente procesado se recomienda evaluar, adicionalmente, propiedades microbiológicas y adicionar algún tipo de recubrimientos o película protectora y otros tipos de empaque en esta variedad para hacer un tipo de estudio más detallado. Por otro lado, se pueden incluir otros tipos de presentación del producto (cubos, rodajas, entre otros). Además, se sugiere que la concentración de carotenoides se realice por HPLC para observar la similitud o diferencia entre estos dos métodos.

Debido que a la fecha en Colombia no existe ninguna Norma técnica que especifique los valores ideales para la variedad en fresco ni mínimamente procesada que se estudió, esta debe ser abordada en otro trabajo de investigación la cual permita implementar tales especificaciones.

## Anexos-Capítulo 3

### Anexo 1 Estadísticos descriptivos de las Propiedades Físicoquímicas en diferentes condiciones de almacenamiento para zapallo fresco

Estadísticos descriptivos						
	t	Temperatura	HR	Media	Desviación típica	N
pH	control	Control	Control	6,0720	,69360	5
			Total	6,0720	,69360	5
		Total	Control	6,0720	,69360	5
			Total	6,0720	,69360	5
	10°C	50	50	5,7790	,00141	2
			70	5,7300	,18385	2
			Total	5,7545	,10985	4
		70	50	6,2150	,02121	2
			70	6,9050	,40305	2
			Total	6,5600	,46152	4
	16°C	50	50	7,1750	,19092	2
			70	7,1350	,20506	2
			Total	7,1550	,16340	4
		70	50	6,3897	,64455	6
			70	6,5900	,70852	6
			Total	6,4898	,65419	12
	28°C	50	50	6,0500	,24042	2
			70	6,0500	,24042	2
			Total	6,0500	,19630	4
		70	50	6,4250	,21920	2
			70	6,4200	,05657	2
			Total	6,4225	,13074	4
	5 días	50	50	7,5500	,26870	2
			70	7,5600	,07071	2
			Total	7,5550	,16052	4
		70	50	6,6750	,72326	6
			70	6,6767	,71326	6
			Total	6,6758	,68486	12
	10 días	10°C	50	6,2450	,16263	2
			70	5,9350	,27577	2



ATT			Total	6,0900	,25729	4	
			16°C	50	6,6800	,14142	2
				70	6,6800	,14142	2
				Total	6,6800	,11547	4
			28°C	50	7,5250	,09192	2
				70	6,9800	,07071	2
				Total	7,2525	,32170	4
			Total	50	6,8167	,59150	6
				70	6,5317	,50181	6
				Total	6,6742	,54373	12
			Control	Control	6,0720	,69360	5
				Total	6,0720	,69360	5
				50	6,0247	,24631	6
			10°C	70	5,9050	,23356	6
				Total	5,9648	,23723	12
				16°C	50	6,4400	,23891
			70		6,6683	,29027	6
			Total		6,5542	,28011	12
			28°C	50	7,4167	,24205	6
				70	7,2250	,28732	6
				Total	7,3208	,27235	12
			Total	Control	6,0720	,69360	5
				50	6,6271	,64214	18
				70	6,5994	,61245	18
			control	Total	6,5473	,64428	41
				Control	,1652	,05256	5
				Total	,1652	,05256	5
			5 días	Control	,1652	,05256	5
				Total	,1652	,05256	5
				10°C	50	,1270	,00573
			16°C	70	,1165	,00919	2
				Total	,1217	,00869	4
				50	,0994	,00368	2
			28°C	70	,0675	,02475	2
				Total	,0835	,02341	4
				50	,0470	,00283	2
				70	,0490	,00566	2

10 días	Total	Total	,0480	,00383	4
		50	,0911	,03648	6
	Total	70	,0777	,03345	6
		Total	,0844	,03410	12
	10°C	50	,1395	,00919	2
		70	,1395	,00919	2
	Total	Total	,1395	,00751	4
		50	,0700	,00283	2
	16°C	70	,1300	,03960	2
		Total	,1000	,04154	4
	28°C	50	,0225	,01344	2
		70	,0225	,00495	2
	Total	Total	,0225	,00827	4
		50	,0773	,05315	6
	Total	70	,0973	,06094	6
		Total	,0873	,05551	12
	10°C	50	,1340	,01556	2
		70	,1455	,00919	2
	Total	Total	,1398	,01237	4
		50	,1035	,01061	2
	16°C	70	,1035	,01061	2
		Total	,1035	,00866	4
	28°C	50	,0270	,00141	2
		70	,0380	,00000	2
	Total	Total	,0325	,00640	4
		50	,0882	,05002	6
	Total	70	,0957	,04886	6
		Total	,0919	,04731	12
Control	Control	,1652	,05256	5	
	Total	,1652	,05256	5	
10°C	50	,1335	,01017	6	
	70	,1338	,01543	6	
Total	Total	,1337	,01246	12	
	50	,0910	,01714	6	
16°C	70	,1003	,03530	6	
	Total	,0957	,02690	12	
28°C	50	,0322	,01320	6	
	70	,0365	,01237	6	
Total	Total	,0343	,01240	12	
	Control	,1652	,05256	5	

PP	control		50	,0855	,04467	18
			70	,0902	,04698	18
			Total	,0973	,05219	41
		Control	Control	,0000	,00000	5
			Total	,0000	,00000	5
			Control	,0000	,00000	5
		Total	Total	,0000	,00000	5
			50	,6550	,16263	2
			10°C	70	11,6325	5,41290
		Total		6,1438	7,06709	4
	5 días	16°C		50	4,4000	,33941
			70	7,7050	1,36472	2
			Total	6,0525	2,07370	4
		28°C	50	5,0150	,13435	2
			70	14,4000	5,51543	2
			Total	9,7075	6,28533	4
	10 días	Total	50	3,3567	2,11825	6
			70	11,2458	4,62285	6
			Total	7,3013	5,35983	12
		10°C	50	3,3100	1,71120	2
			70	6,7900	1,44250	2
			Total	5,0500	2,38882	4
		16°C	50	12,3450	,40305	2
			70	13,0150	,47376	2
			Total	12,6800	,52783	4
			28°C	50	9,1050	,74246
	70			11,2200	,83439	2
	Total			10,1625	1,38090	4
	15 días	Total	50	8,2533	4,18208	6
			70	10,3417	2,96872	6
			Total	9,2975	3,62565	12
		10°C	50	5,0500	2,84257	2
			70	25,8250	11,25007	2
			Total	15,4375	13,73857	4
	16°C	50	6,7250	1,64756	2	
		70	2,4850	0,42993	2	
		Total	9,7150	3,90115	4	
		28°C	50	18,3500	,43841	2
			70	3,1500	,57983	2
			Total	10,7500	8,78575	4

L_D65		50	10,0417	6,64647	6	
		Total	70	13,8933	11,42343	6
		Total	11,9675	9,13464	12	
	Control	Control	,0000	,00000	5	
		Total	,0000	,00000	5	
		50	3,0050	2,47507	6	
	10°C	70	14,7492	10,48252	6	
		Total	8,8771	9,50513	12	
		50	7,8233	3,73455	6	
	16°C	70	11,1417	2,99323	6	
		Total	9,4825	3,66265	12	
		50	10,8233	6,12277	6	
	28°C	70	9,5900	5,76169	6	
		Total	10,2067	5,70479	12	
		Control	,0000	,00000	5	
	Total	50	7,2172	5,28311	18	
		70	11,8269	7,04722	18	
		Total	8,3609	6,90666	41	
	control	Control	62,8400	1,46937	5	
		Total	62,8400	1,46937	5	
		Control	62,8400	1,46937	5	
	5 días	Total	Total	62,8400	1,46937	5
		50	60,6750	3,61332	2	
		10°C	70	60,5850	4,34871	2
	Total		60,6300	3,26473	4	
	50		63,7100	2,37588	2	
	16°C	70	62,2450	4,61741	2	
		Total	62,9775	3,11510	4	
		50	59,8100	6,59024	2	
	28°C	70	57,9100	7,25492	2	
		Total	58,8600	5,76411	4	
		50	61,3983	3,97270	6	
	Total	70	60,2467	4,73289	6	
		Total	60,8225	4,20921	12	
		50	61,8150	1,20915	2	
	10°C	70	59,1100	,63640	2	
		Total	60,4625	1,74967	4	
		50	62,0250	2,56680	2	
	16°C	70	55,8350	3,66988	2	
		Total	58,9300	4,41107	4	

C	15 días	28°C	50	62,4300	7,02864	2
			70	66,9050	3,92444	2
			Total	64,6675	5,31754	4
		Total	50	62,0900	3,40127	6
			70	60,6167	5,63257	6
			Total	61,3533	4,50237	12
		10°C	50	63,5950	,27577	2
			70	59,2350	2,32638	2
			Total	61,4150	2,85760	4
		16°C	50	62,4000	2,96985	2
			70	62,4000	2,96985	2
			Total	62,4000	2,42487	4
		28°C	50	64,0600	,93338	2
			70	59,4350	1,22329	2
			Total	61,7475	2,81415	4
	Total	Total	50	63,3517	1,59377	6
			70	60,3567	2,37883	6
			Total	61,8542	2,48458	12
		Control	Control	62,8400	1,46937	5
			Total	62,8400	1,46937	5
		10°C	50	62,0283	2,15671	6
			70	59,6433	2,34112	6
			Total	60,8358	2,48131	12
		16°C	50	62,7117	2,19927	6
			70	60,1600	4,46653	6
			Total	61,4358	3,61142	12
		28°C	50	62,1000	4,73484	6
			70	61,4167	5,69601	6
			Total	61,7583	5,00651	12
	5 días	Total	Control	62,8400	1,46937	5
			50	62,2800	3,07960	18
			70	60,4067	4,19634	18
		Control	Total	61,5259	3,57295	41
			Control	56,6120	3,53635	5
		control	Total	56,6120	3,53635	5
			Control	56,6120	3,53635	5
			Total	56,6120	3,53635	5
		10°C	50	43,9500	4,52548	2
			70	58,8450	9,80757	2
			Total	51,3975	10,62277	4

	10 días	16°C	50	44,0650	4,78711	2
			70	51,6650	1,27986	2
			Total	47,8650	5,23815	4
		28°C	50	58,3750	1,57685	2
			70	50,0000	9,46109	2
			Total	54,1875	7,35163	4
		Total	50	48,7967	8,01411	6
			70	53,5033	7,42578	6
			Total	51,1500	7,76530	12
	15 días	10°C	50	50,1100	5,91141	2
			70	47,9500	3,52139	2
			Total	49,0300	4,16376	4
		16°C	50	46,3150	3,76888	2
			70	53,6600	6,78823	2
			Total	49,9875	6,17072	4
		28°C	50	52,2300	6,78823	2
			70	55,8600	,11314	2
			Total	54,0450	4,44484	4
	Total	Total	50	49,5517	5,12156	6
			70	52,4900	5,00335	6
			Total	51,0208	5,06522	12
		10°C	50	51,4650	,51619	2
			70	51,2750	4,19314	2
			Total	51,3700	2,44165	4
		16°C	50	57,6050	2,48194	2
			70	57,6050	2,48194	2
			Total	57,6050	2,02650	4
	Control	28°C	50	64,4500	1,89505	2
			70	53,6100	,02828	2
			Total	59,0300	6,35341	4
		Total	50	57,8400	5,97986	6
			70	54,1633	3,59808	6
			Total	56,0017	5,08186	12
		Control	Control	56,6120	3,53635	5
			Total	56,6120	3,53635	5
	Total	10°C	50	48,5083	4,89617	6
			70	52,6900	7,08349	6
			Total	50,5992	6,20264	12
		16°C	50	49,3283	7,12535	6
			70	54,3100	4,25274	6

H			Total	51,8192	6,16982	12
			50	58,3517	6,34803	6
			28°C	70	53,1567	6
			Total	55,7542	6,08227	12
			Control	56,6120	3,53635	5
			50	52,0628	7,40894	18
			Total	70	53,3856	18
			Total	53,1983	6,20370	41
			Control	57,4000	,01225	5
			Total	57,4000	,01225	5
			Control	57,4000	,01225	5
			Total	57,4000	,01225	5
			50	66,1400	5,69928	2
			10°C	70	67,5250	2
			Total	66,8325	4,12033	4
			50	73,6000	5,03460	2
			16°C	70	57,4450	2
			Total	65,5225	9,76957	4
			50	63,0050	6,82358	2
			28°C	70	57,6950	2
			Total	60,3500	5,75812	4
			50	67,5817	6,67652	6
			Total	70	60,8883	6
			Total	64,2350	6,94605	12
			50	57,4300	,01414	2
			10°C	70	64,9450	2
			Total	61,1875	4,69750	4
			50	66,1250	,34648	2
			16°C	70	64,9500	2
			Total	65,5375	3,21413	4
			50	61,8950	6,54074	2
			28°C	70	71,5750	2
			Total	66,7350	6,95251	4
			50	61,8167	4,86874	6
			Total	70	67,1567	6
			Total	64,4867	5,31189	12
			50	65,1950	,95459	2
			10°C	70	61,8900	2
			Total	63,5425	2,07840	4
			16°C	50	67,6250	2

DE			70	67,6250	,19092	2		
			Total	67,6250	,15588	4		
			28°C	50	65,2300	,79196	2	
				70	68,0400	1,27279	2	
				Total	66,6350	1,83878	4	
				50	66,0167	1,36648	6	
			Total	70	65,8517	3,16348	6	
				Total	65,9342	2,32489	12	
			Control	Control	57,4000	,01225	5	
				Total	57,4000	,01225	5	
			10°C	50	62,9217	4,99523	6	
				70	64,7867	3,44118	6	
				Total	63,8542	4,20395	12	
				50	69,1167	4,19654	6	
			16°C	70	63,3400	5,30921	6	
				Total	66,2283	5,46978	12	
			28°C	50	63,3767	4,50569	6	
				70	65,7700	6,97097	6	
				Total	64,5733	5,73397	12	
				Control	57,4000	,01225	5	
			Total	50	65,1383	5,18702	18	
				70	64,6322	5,20774	18	
				Total	63,9724	5,40075	41	
				Control	4,4580	,82369	5	
			control	Total	4,4580	,82369	5	
				Control	4,4580	,82369	5	
				Total	4,4580	,82369	5	
				50	12,0050	2,48194	2	
			10°C	70	12,8200	4,87904	2	
				Total	12,4125	3,19527	4	
				50	14,6250	3,09006	2	
			16°C	70	10,0150	5,11238	2	
				Total	12,3200	4,35649	4	
				50	12,9650	1,06773	2	
			28°C	70	13,7950	5,83363	2	
				Total	13,3800	3,45737	4	
				50	13,1983	2,18524	6	
			Total	70	12,2100	4,45819	6	
				Total	12,7042	3,38693	12	
			10 días	10°C	50	9,9800	,97581	2



			70	5,1950	1,50614	2
			Total	7,5875	2,95053	4
			50	5,4500	1,44250	2
		16°C	70	9,9050	4,44770	2
			Total	7,6775	3,72871	4
			50	16,7400	,80610	2
		28°C	70	4,6350	3,13248	2
			Total	10,6875	7,23402	4
			50	10,7233	5,15373	6
		Total	70	6,5783	3,61598	6
			Total	8,6508	4,76468	12
			50	2,0850	,88388	2
		10°C	70	9,4200	3,54968	2
			Total	5,7525	4,73229	4
			50	5,4400	,05657	2
		16°C	70	5,4400	,05657	2
			Total	5,4400	,04619	4
	15 días		50	3,7200	,66468	2
		28°C	70	4,5000	2,95571	2
			Total	4,1100	1,80614	4
			50	3,7483	1,58017	6
		Total	70	6,4533	3,11854	6
			Total	5,1008	2,74793	12
		Control	Control	4,4580	,82369	5
			Total	4,4580	,82369	5
			50	8,0233	4,85357	6
		10°C	70	9,1450	4,40548	6
			Total	8,5842	4,45789	12
			50	8,5050	4,97987	6
		16°C	70	8,4533	3,82555	6
		Total	Total	8,4792	4,23383	12
			50	11,1417	6,02869	6
		28°C	70	7,6433	5,76415	6
			Total	9,3925	5,91276	12
			Control	4,4580	,82369	5
			50	9,2233	5,18665	18
		Total	70	8,4139	4,49262	18
			Total	8,2868	4,72370	41
YI	control	Control	Control	122,0240	10,12258	5
			Total	122,0240	10,12258	5

	Total	Control	122,0240	10,12258	5
		Total	122,0240	10,12258	5
5 días	10°C	50	94,3800	8,25901	2
		70	127,7950	15,91697	2
		Total	111,0875	21,89462	4
	16°C	50	94,3900	4,31335	2
		70	105,4150	1,87383	2
		Total	99,9025	6,92018	4
	28°C	50	124,2350	9,51059	2
		70	103,8250	12,39558	2
		Total	114,0300	14,83992	4
	Total	70	112,3450	15,02762	6
10 días	10°C	Total	108,3400	15,62901	12
		50	105,9200	12,14809	2
		70	104,8450	6,15890	2
	16°C	Total	105,3825	7,88805	4
		50	97,8000	12,24709	2
		70	124,0100	13,05319	2
	28°C	Total	110,9050	18,32431	4
		50	105,0300	8,24487	2
		70	113,2250	4,47599	2
	Total	Total	109,1275	7,19190	4
15 días	10°C	50	102,9167	9,43269	6
		70	114,0267	10,93231	6
		Total	108,4717	11,33278	12
	16°C	50	104,9300	1,40007	2
		70	109,0050	5,72049	2
		Total	106,9675	4,13481	4
	28°C	50	122,2050	10,89652	2
		70	122,2050	10,89652	2
		Total	122,2050	8,89697	4
	Total	50	130,5550	6,58316	2
Total	Control	70	119,5100	1,31522	2
		Total	125,0325	7,46235	4
		50	119,2300	13,01710	6
		70	116,9067	8,33978	6
		Total	118,0683	10,49319	12
Total	Control	Control	122,0240	10,12258	5
		Total	122,0240	10,12258	5

CT			50	101,7433	8,73366	6
			70	113,8817	13,57980	6
			Total	107,8125	12,59674	12
		10°C	50	104,7983	15,54307	6
			70	117,2100	11,94366	6
			Total	111,0042	14,71962	12
		16°C	50	119,9400	13,48061	6
			70	112,1867	9,21595	6
			Total	116,0633	11,73048	12
		28°C	Control	122,0240	10,12258	5
			50	108,8272	14,62752	18
			70	114,4261	11,21540	18
		Total	Total	112,8946	13,17416	41
			Control	409,1900	26,84752	5
			Total	409,1900	26,84752	5
		control	Control	409,1900	26,84752	5
			Total	409,1900	26,84752	5
			Total	409,1900	26,84752	5
		5 días	50	458,5350	42,71632	2
			70	449,4700	63,95074	2
			Total	454,0025	44,70852	4
		10°C	50	344,1150	31,48746	2
			70	411,7000	51,78850	2
			Total	377,9075	52,41260	4
		16°C	50	619,9350	4,44770	2
			70	544,1700	220,94258	2
			Total	582,0525	134,87740	4
		28°C	50	474,1950	126,21276	6
			70	468,4467	121,83268	6
			Total	471,3208	118,30755	12
		Total	50	443,2250	9,79343	2
			70	420,7150	35,50383	2
			Total	431,9700	24,92076	4
		10 días	50	438,8000	5,62857	2
			70	590,7200	47,80042	2
			Total	514,7600	92,00769	4
		28°C	50	228,2650	51,56930	2
			70	303,7500	36,06245	2

15 días	Total	Total	266,0075	56,73881	4
		50	370,0967	112,38793	6
	Total	70	438,3950	132,76704	6
		Total	404,2458	122,58008	12
	10°C	50	434,8000	35,85031	2
		70	387,4400	43,61435	2
	16°C	Total	411,1200	42,54576	4
		50	640,4550	21,47483	2
	28°C	70	639,6050	20,27275	2
		Total	640,0300	17,05750	4
	Total	50	132,9850	21,33341	2
		70	209,3750	5,36694	2
	Total	Total	171,1800	45,89608	4
		50	402,7467	229,26386	6
	Control	70	412,1400	194,56111	6
		Total	407,4433	202,78614	12
	10°C	Control	409,1900	26,84752	5
		Total	409,1900	26,84752	5
	16°C	50	445,5200	27,51360	6
		70	419,2083	47,13165	6
	28°C	Total	432,3642	39,27625	12
		50	474,4567	136,46677	6
	Total	70	547,3417	112,21733	6
		Total	510,8992	125,05134	12
	Control	50	327,0617	232,17964	6
		70	352,4317	184,03388	6
	Total	Total	339,7467	200,18405	12
		Control	409,1900	26,84752	5
	Total	50	415,6794	160,81188	18
		70	439,6606	145,75308	18
	Total	Total	425,4163	142,33178	41

**Anexo 2 Pruebas Post hoc para las propiedades fisicoquímicas para zapallo fresco para la variable tiempo (t)**

**pH**

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto	
		1	2
control	5	6,0720	
5 días	12	6,4898	6,4898
15 días	12		6,6742
10 días	12		6,6758
Sig.		,078	,669

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática

(Error) = ,118.

a. Usa el tamaño muestral de la media

armónica = 8,889

b. Alfa = ,05.

### ATT

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto	
		1	2
5 días	12	,0844	
10 días	12	,0873	
15 días	12	,0919	
control	5		,1652
Sig.		,924	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática

(Error) = ,001.

a. Usa el tamaño muestral de la media

armónica = 8,889

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

**PP**

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto		
		1	2	3
control	5	,0000		
5 días	12		7,3013	
10 días	12		9,2975	9,2975
15 días	12			11,9675
Sig.		1,000	,542	,297

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 9,702.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

b. Alfa = ,05.

**L\_D65**

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto
		1
5 días	12	60,8225
10 días	12	61,3533
15 días	12	61,8542
control	5	62,8400
Sig.		,633

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 12,539.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

**C**

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto
		1
10 días	12	51,0208
5 días	12	51,1500
15 días	12	56,0017
control	5	56,6120
Sig.		,080

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 21,397.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

**H**

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto	
		1	2
control	5	57,4000	
5 días	12		64,2350
10 días	12		64,4867
15 días	12		65,9342
Sig.		1,000	,703

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática

(Error) = 10,938.

a. Usa el tamaño muestral de la media

armónica = 8,889

b. Alfa = ,05.

### DE

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto		
		1	2	3
control	5	4,4580		
15 días	12	5,1008	5,1008	
10 días	12		8,6508	
5 días	12			12,7042
Sig.		,958	,052	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 7,348.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

b. Alfa = ,05.

### YI

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto	
		1	2
5 días	12	108,3400	
10 días	12	108,4717	
15 días	12	118,0683	118,0683
control	5		122,0240
Sig.		,154	,807



Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 86,762.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

### CT

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto
		1
10 días	12	404,2458
15 días	12	407,4433
control	5	409,1900
5 días	12	471,3208
Sig.		,097

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 3340,130.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

**Anexo 3 Pruebas Post hoc para las propiedades fisicoquímicas para zapallo fresco para la variable Temperatura (T)**

**pH**

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto		
		1	2	3
10°C	12	5,9648		
Control	5	6,0720		
16°C	12		6,5542	
28°C	12			7,3208
Sig.		,912	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,118.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

**ATT**

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto		
		1	2	3
28°C	12	,0343		
16°C	12		,0957	
10°C	12			,1337
Control	5			,1652
Sig.		1,000	1,000	,071

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

- b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- c. Alfa = ,05.

**PP**

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto	
		1	2
Control	5	,0000	
10°C	12		8,8771
16°C	12		9,4825
28°C	12		10,2067
Sig.		1,000	,805

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 9,702.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

b. Alfa = ,05.

**L\_D65**

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto
		1
10°C	12	60,8358
16°C	12	61,4358
28°C	12	61,7583
Control	5	62,8400
Sig.		,637

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 12,539.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

b. Los tamaños de los grupos son distintos.

Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

### C

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto
		1
10°C	12	50,5992
16°C	12	51,8192
28°C	12	55,7542
Control	5	56,6120
Sig.		,054

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 21,397.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

b. Los tamaños de los grupos son distintos.

Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

### H

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto	
		1	2
Control	5	57,4000	
10°C	12		63,8542
28°C	12		64,5733
16°C	12		66,2283
Sig.		1,000	,447

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 10,938.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

b. Alfa = ,05.

### DE

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto	
		1	2
Control	5	4,4580	
16°C	12		8,4792
10°C	12		8,5842
28°C	12		9,3925
Sig.		1,000	,892

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 7,348.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

b. Alfa = ,05.

### YI

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto	
		1	2
10°C	12	107,8125	

16°C	12	111,0042	111,0042
28°C	12	116,0633	116,0633
Control	5		122,0240
Sig.		,270	,089

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 86,762.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

#### CT

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto		
		1	2	3
28°C	12	339,7467		
Control	5	409,1900	409,1900	
10°C	12		432,3642	
16°C	12			510,8992
Sig.		,082	,832	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 3340,130.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,889

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

#### Anexo 4 Pruebas Post hoc para las propiedades fisicoquímicas para zapallo fresco para la variable Humedad Relativa (HR)

#### pH

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto	
		1	2
Control	5	6,0720	
70	18		6,5994
50	18		6,6271
Sig.		1,000	,983

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática  
(Error) = ,118.

a. Usa el tamaño muestral de la media  
armónica = 9,643

b. Alfa = ,05.

### ATT

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto	
		1	2
50	18	,0855	
70	18	,0902	
Control	5		,1652
Sig.		,915	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática  
(Error) = ,001.

a. Usa el tamaño muestral de la media  
armónica = 9,643

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

### PP

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto		
		1	2	3
Control	5	,0000		
50	18		7,2172	
70	18			11,8269
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 9,702.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,643

b. Alfa = ,05.

#### L\_D65

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto
		1
70	18	60,4067
50	18	62,2800
Control	5	62,8400
Sig.		,306

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 12,539.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,643

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

#### C

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto
----	---	-------------



		1
50	18	52,0628
70	18	53,3856
Control	5	56,6120
Sig.		,101

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 21,397.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,643

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

## H

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto	
		1	2
Control	5	57,4000	
70	18		64,6322
50	18		65,1383
Sig.		1,000	,940

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 10,938.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,643

b. Alfa = ,05.

**DE**

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto	
		1	2
Control	5	4,4580	
70	18		8,4139
50	18		9,2233
Sig.		1,000	,791

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática

(Error) = 7,348.

a. Usa el tamaño muestral de la media

armónica = 9,643

b. Alfa = ,05.

**YI**

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto	
		1	2
50	18	108,8272	
70	18	114,4261	114,4261
Control	5		122,0240
Sig.		,399	,196

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática

(Error) = 86,762.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,643

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

**CT**

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto
		1
Control	5	409,1900
50	18	415,6794
70	18	439,6606
Sig.		,490

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 3340,130.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,643

b. Alfa = ,05.

## Anexo 5 Estadísticos descriptivos de análisis de perfil de textura ATP zapallo fresco

**Estadísticos descriptivos**

	tiempo	Temperatura	HR	Media	Desviación típica	N
Firmeza	control	control	control	222,9683	18,33155	6
			Total	222,9683	18,33155	6
		Total	control	222,9683	18,33155	6
			Total	222,9683	18,33155	6
	10°C	50	50	215,7557	9,69075	3
			70	165,7733	7,12499	3
			Total	190,7645	28,41374	6
		5	50	159,5867	9,72379	3
			70	240,5367	21,65684	3
			Total	200,0617	46,81131	6
	28°C	50	50	84,8000	4,31393	3
			70	141,0250	15,73096	3

			Total	112,9125	32,47775	6
			50	153,3808	57,34930	9
			Total	70	182,4450	9
			Total	167,9129	52,99940	18
			50	211,4933	8,93116	3
			10°C	70	185,4833	3
			Total	198,4883	24,81456	6
			50	229,8500	15,69658	3
			16°C	70	222,9867	3
			Total	226,4183	12,24307	6
10			50	206,7467	36,62135	3
			28°C	70	242,8100	3
			Total	224,7783	33,83317	6
			50	216,0300	22,98860	9
			Total	70	217,0933	9
			Total	216,5617	27,11584	18
			50	198,0367	17,90591	3
			10°C	70	201,2600	3
			Total	199,6483	17,26910	6
			50	203,6467	11,57674	3
15			16°C	70	135,7200	3
			Total	169,6833	38,04155	6
			50	226,6433	19,36560	3
			28°C	70	209,6433	3
			Total	218,1433	20,33871	6
			50	209,4422	19,48717	9
			Total	70	182,2078	9
			Total	195,8250	32,51416	18
			control	222,9683	18,33155	6
			Total	222,9683	18,33155	6
Total			50	208,4286	13,70131	9
			10°C	70	184,1722	9
			Total	196,3004	22,86338	18
			50	197,6944	32,62427	9
			16°C	70	199,7478	9
			Total	198,7211	41,02690	18

Adhesividad		28°C	50	172,7300	69,69211	9
			70	197,8261	48,26839	9
			Total	185,2781	59,57140	18
	control	28°C	control	222,9683	18,33155	6
			50	192,9510	45,95607	27
			70	193,9154	41,48895	27
		Total	Total	196,3867	42,40022	60
			control	9,7500	3,16927	6
			Total	9,7500	3,16927	6
		Total	control	9,7500	3,16927	6
			Total	9,7500	3,16927	6
			Total	9,7500	3,16927	6
	5	10°C	50	27,2403	2,77547	3
			70	22,0567	5,40805	3
			Total	24,6485	4,77925	6
		16°C	50	39,4267	7,79111	3
			70	18,8100	2,39539	3
			Total	29,1183	12,41329	6
		28°C	50	,0067	,00577	3
			70	,0027	,00208	3
			Total	,0047	,00446	6
		Total	50	22,2246	17,96150	9
			70	13,6231	10,72733	9
			Total	17,9238	15,01854	18
	10	10°C	50	4,6100	3,75645	3
			70	4,3400	2,39232	3
			Total	4,4750	2,82055	6
		16°C	50	,5567	,36828	3
			70	8,5333	4,71574	3
			Total	4,5450	5,29506	6
		28°C	50	,0000	,00000	3
			70	8,6200	1,67896	3
			Total	4,3100	4,83931	6
		Total	50	1,7222	2,88281	9
			70	7,1644	3,49053	9
			Total	4,4433	4,18144	18
	15	10°C	50	5,0400	1,30771	3
			70	3,8767	2,54952	3
			Total	4,4583	1,92095	6
		16°C	50	11,6700	1,39775	3

Cohesividad	5	10	10°C	70	,0308	,02116	3	
				Total	5,8504	6,43608	6	
				50	,0033	,00577	3	
				28°C	70	11,9667	10,30443	3
				Total	5,9850	9,24169	6	
				50	5,5711	5,15708	9	
				Total	70	5,2914	7,48388	9
				Total	5,4312	6,23644	18	
				control	9,7500	3,16927	6	
				Total	9,7500	3,16927	6	
				50	12,2968	11,46854	9	
				10°C	70	10,0911	9,53643	9
				Total	11,1939	10,29466	18	
				50	17,2178	17,78481	9	
				16°C	70	9,1247	8,56239	9
				Total	Total	13,1712	14,16635	18
				50	,0033	,00500	9	
				28°C	70	6,8631	7,47158	9
				Total	3,4332	6,22306	18	
				control	9,7500	3,16927	6	
				50	9,8393	13,86426	27	
				Total	70	8,6930	8,34374	27
				Total	9,3145	10,79623	60	
				control	,3150	,04637	6	
				Total	,3150	,04637	6	
				control	,3150	,04637	6	
				Total	Total	,3150	,04637	6
				50	,2753	,03828	3	
				10°C	70	,3033	,06028	3
				Total	,2893	,04769	6	
				50	,2500	,06000	3	
				16°C	70	,2667	,02082	3
				Total	,2583	,04119	6	
				50	,6633	,03215	3	
				28°C	70	,7543	,01550	3
				Total	,7088	,05472	6	
				50	,3962	,20440	9	
				Total	70	,4414	,23748	9
				Total	,4188	,21620	18	
				10	10°C	50	,2433	,01528

			70	,4133	,10017	3
			Total	,3283	,11303	6
			50	,4700	,08544	3
		16°C	70	,2800	,04000	3
			Total	,3750	,11996	6
			50	,6867	,03215	3
		28°C	70	,2900	,01732	3
			Total	,4883	,21849	6
			50	,4667	,19748	9
		Total	70	,3278	,08438	9
			Total	,3972	,16374	18
			50	,5433	,14224	3
		10°C	70	,3033	,10017	3
			Total	,4233	,17143	6
			50	,2800	,04583	3
		16°C	70	,6800	,05568	3
			Total	,4800	,22379	6
	15		50	,6700	,06000	3
		28°C	70	,4200	,28618	3
			Total	,5450	,23011	6
			50	,4978	,19018	9
		Total	70	,4678	,22725	9
			Total	,4828	,20387	18
			control	,3150	,04637	6
		control	Total	,3150	,04637	6
			50	,3540	,16075	9
		10°C	70	,3400	,09460	9
			Total	,3470	,12815	18
			50	,3333	,11800	9
		16°C	70	,4089	,20655	9
		Total	Total	,3711	,16775	18
			50	,6733	,03905	9
		28°C	70	,4881	,25228	9
			Total	,5807	,19937	18
			control	,3150	,04637	6
			50	,4536	,19457	27
		Total	70	,4123	,19816	27
			Total	,4211	,18929	60
			control	7,2783	1,21802	6
Elasticidad	control	control	Total	7,2783	1,21802	6

5	Total	control	7,2783	1,21802	6
		Total	7,2783	1,21802	6
		50	7,3360	,05048	3
	10°C	70	14,5633	,02082	3
		Total	10,9497	3,95872	6
		50	7,9933	2,45133	3
	16°C	70	5,3433	,65033	3
		Total	6,6683	2,16322	6
		50	4,0167	,03215	3
	28°C	70	5,1303	1,75207	3
		Total	4,5735	1,26507	6
		50	6,4487	2,21611	9
	Total	70	8,3457	4,75686	9
		Total	7,3972	3,72988	18
		50	4,2433	,53304	3
	10°C	70	6,0200	1,26012	3
		Total	5,1317	1,30222	6
		50	4,3233	,50817	3
16°C	70	8,3100	3,62004	3	
	Total	6,3167	3,18013	6	
	50	3,8167	,12423	3	
28°C	70	9,4967	,40870	3	
	Total	6,6567	3,12277	6	
	50	4,1278	,44169	9	
Total	70	7,9422	2,46117	9	
	Total	6,0350	2,60649	18	
	50	4,2500	,61555	3	
10°C	70	7,3767	3,20901	3	
	Total	5,8133	2,68393	6	
	50	9,2033	3,27868	3	
16°C	70	4,4333	,72473	3	
	Total	6,8183	3,36688	6	
	50	3,9767	,13279	3	
28°C	70	4,0267	,08083	3	
	Total	4,0017	,10206	6	
	50	5,8100	3,04592	9	
Total	70	5,2789	2,28337	9	
	Total	5,5444	2,62567	18	
	50	7,2783	1,21802	6	
Total	control	7,2783	1,21802	6	
	Total	7,2783	1,21802	6	



Gomosisidad		10°C	50	5,2764	1,59762	9
			70	9,3200	4,33373	9
			Total	7,2982	3,79043	18
		16°C	50	7,1733	3,01624	9
			70	6,0289	2,56816	9
			Total	6,6011	2,78059	18
		28°C	50	3,9367	,13010	9
			70	6,2179	2,66201	9
			Total	5,0773	2,17261	18
		control	control	7,2783	1,21802	6
			50	5,4621	2,32828	27
			70	7,1889	3,51466	27
		Total	Total	6,4208	2,95357	60
			control	67,3650	8,71866	6
			Total	67,3650	8,71866	6
	5	10°C	control	67,3650	8,71866	6
			Total	67,3650	8,71866	6
			Total	67,3650	8,71866	6
		16°C	50	58,5953	9,13227	3
			70	50,5348	11,32576	3
			Total	54,5651	10,20589	6
		28°C	50	40,0200	7,24231	3
			70	64,0333	2,04209	3
			Total	52,0267	13,98716	6
		Total	50	56,0033	1,61159	3
			70	106,4437	12,99010	3
			Total	81,2235	28,84102	6
		control	50	51,5396	10,51262	9
			70	73,6706	26,71381	9
			Total	62,6051	22,74819	18
	10	10°C	50	51,2967	5,16543	3
			70	77,3900	27,05792	3
			Total	64,3433	22,53405	6
		16°C	50	107,6567	17,63203	3
			70	61,2633	14,10007	3
			Total	84,4600	29,14760	6
		28°C	50	141,7000	20,23784	3
			70	74,5367	3,23817	3
			Total	108,1183	39,00380	6
		Total	50	100,2178	41,83665	9
			70	71,0633	17,05597	9

			Total	85,6406	34,43204	18
			50	108,2467	22,74753	3
			10°C	70	62,0233	3
			Total	85,1350	33,14072	6
			50	56,8800	6,36163	3
			16°C	70	92,9400	3
			Total	74,9100	20,23812	6
			50	151,5133	3,78420	3
			28°C	70	52,7133	3
			Total	102,1133	54,27961	6
			50	105,5467	42,73536	9
			Total	70	69,2256	9
			Total	87,3861	37,99110	18
			control	67,3650	8,71866	6
			Total	67,3650	8,71866	6
			50	72,7129	29,61606	9
			10°C	70	63,3160	9
			Total	68,0145	25,98202	18
			50	68,1856	32,10309	9
			16°C	70	72,7456	9
			Total	70,4656	24,97948	18
			50	116,4056	46,65747	9
			28°C	70	77,8979	9
			Total	97,1517	41,22281	18
			control	67,3650	8,71866	6
			50	85,7680	41,80599	27
			Total	70	71,3198	27
			Total	77,4260	32,26738	60
			control	460,0133	92,05979	6
			Total	460,0133	92,05979	6
			control	460,0133	92,05979	6
			Total	460,0133	92,05979	6
			50	419,4880	51,05942	3
			10°C	70	726,3161	3
			Total	572,9020	200,03015	6
			50	332,5433	7,30819	3
			16°C	70	342,6933	3
			Total	337,6183	32,63954	6
			28°C	50	224,9067	3

10	Total	70	531,7397	112,52418	3	
		Total	378,3232	182,53423	6	
		50	325,6460	88,30237	9	
		70	533,5830	195,18728	9	
		Total	429,6145	181,77769	18	
		50	217,2600	28,59830	3	
	10°C	70	447,2867	93,15203	3	
		Total	332,2733	140,25600	6	
		50	461,7967	68,11536	3	
	16°C	70	508,5633	53,83814	3	
		Total	485,1800	60,59237	6	
		50	538,7333	60,95865	3	
	28°C	70	723,9567	18,05710	3	
		Total	631,3450	109,12887	6	
		50	405,9300	153,05619	9	
	Total	70	559,9356	137,15831	9	
		Total	482,9328	161,72571	18	
		50	453,4500	63,18681	3	
	15	10°C	70	450,0600	262,11683	3
			Total	451,7550	170,53612	6
			50	443,3733	5,71736	3
		16°C	70	410,8000	54,50331	3
			Total	427,0867	38,98238	6
			50	602,5800	32,89333	3
28°C		70	205,8500	16,50400	3	
		Total	404,2150	218,54096	6	
		50	499,8011	85,07535	9	
Total		70	355,5700	175,74158	9	
		Total	427,6856	153,12338	18	
		control	460,0133	92,05979	6	
control		Total	460,0133	92,05979	6	
		50	363,3993	118,67513	9	
		Total 10°C	70	541,2209	212,89040	9
Total			452,3101	190,59368	18	
50			412,5711	69,62465	9	
16°C		70	420,6856	85,52244	9	

28°C	Total	416,6283	75,76657	18
	50	455,4067	178,48220	9
	70	487,1821	234,01555	9
	Total	471,2944	202,55674	18
	control	460,0133	92,05979	6
	50	410,4590	130,74528	27
Total	70	483,0295	188,59906	27
	Total	448,0712	158,57872	60

#### Anexo 6 Estadísticos y efectos de cada una de las variables respuesta en APT de zapallo fresco

##### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Origen	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F
Modelo corregido	Firmeza	76406,932 <sup>a</sup>	14	5457,638	8,280
	Adhesividad	5969,619 <sup>b</sup>	14	426,401	21,148
	Cohesividad	1,290 <sup>c</sup>	14	,092	5,031
	Elasticidad	342,537 <sup>d</sup>	14	24,467	6,395
	Gomosidad	35038,646 <sup>e</sup>	14	2502,760	4,267

Intersección	Masticabilidad	972202,869 <sup>f</sup>	14	69443,062	6,110
	Firmeza	2101258,116	1	2101258,116	3187,800
	Adhesividad	4625,231	1	4625,231	229,392
	Cohesividad	8,771	1	8,771	478,952
	Elasticidad	2245,147	1	2245,147	586,865
	Gomosidad	305803,289	1	305803,289	521,429
	Masticabilidad	10650004,142	1	10650004,142	936,982
tiempo	Firmeza	21454,793	2	10727,397	16,274
	Adhesividad	2032,589	2	1016,294	50,404
	Cohesividad	,071	2	,036	1,945

Temperatura	Elasticidad	33,172	2	16,586	4,336
	Gomosidad	6886,679	2	3443,339	5,871
	Masticabilidad	35392,884	2	17696,442	1,557
	Firmeza	1848,405	2	924,202	1,402
	Adhesividad	953,805	2	476,902	23,652
	Cohesividad	,595	2	,297	16,241
	Elasticidad	46,444	2	23,222	6,070
	Gomosidad	9402,834	2	4701,417	8,016
	Masticabilidad	27731,820	2	13865,910	1,220
	Firmeza	12,555	1	12,555	,019
HR					

	Adhesividad	17,740	1	17,740	,880
	Cohesividad	,023	1	,023	1,253
	Elasticidad	40,254	1	40,254	10,522
	Gomosidad	2818,120	1	2818,120	4,805
	Masticabilidad	71097,424	1	71097,424	6,255
	Firmeza	35760,845	4	8940,211	13,563
	Adhesividad	2004,750	4	501,188	24,857
tiempo * Temperatura	Cohesividad	,291	4	,073	3,968
	Elasticidad	112,446	4	28,111	7,348
	Gomosidad	1763,274	4	440,819	,752

tiempo * HR	Masticabilidad	437181,074	4	109295,269	9,616
	Firmeza	7131,531	2	3565,765	5,410
	Adhesividad	448,824	2	224,412	11,130
	Cohesividad	,077	2	,039	2,106
	Elasticidad	42,684	2	21,342	5,579
	Gomosidad	9147,325	2	4573,663	7,799
Temperatura * HR	Masticabilidad	323814,160	2	161907,080	14,245
	Firmeza	5488,248	2	2744,124	4,163
	Adhesividad	510,648	2	255,324	12,663
	Cohesividad	,158	2	,079	4,314



	Elasticidad	62,635	2	31,317	8,186
	Gomosidad	4345,586	2	2172,793	3,705
	Masticabilidad	76034,741	2	38017,370	3,345
Error	Firmeza	29662,033	45	659,156	
	Adhesividad	907,336	45	20,163	
	Cohesividad	,824	45	,018	
	Elasticidad	172,155	45	3,826	
	Gomosidad	26391,207	45	586,471	
	Masticabilidad	511482,611	45	11366,280	
	Firmeza	2420133,121	60		
Total	Adhesividad	12082,575	60		
	Cohesividad	12,756	60		
	Elasticidad	2988,305	60		
	Gomosidad	421117,198	60		
	Masticabilidad	13529752,780	60		
	Firmeza	106068,964	59		
	Adhesividad	6876,956	59		
Total corregida	Cohesividad	2,114	59		
	Elasticidad	514,692	59		
	Gomosidad	61429,853	59		
	Masticabilidad	1483685,480	59		

a. R cuadrado = ,720 (R cuadrado corregida = ,633)

b. R cuadrado = ,868 (R cuadrado corregida = ,827)

c. R cuadrado = ,610 (R cuadrado corregida = ,489)

d. R cuadrado = ,666 (R cuadrado corregida = ,561)

e. R cuadrado = ,570 (R cuadrado corregida = ,437)

f. R cuadrado = ,655 (R cuadrado corregida = ,548)

#### Anexo 7 Pruebas Post hoc para la variable tiempo

##### Firmeza

DHS de Tukey

tiempo	N	Subconjunto	
		1	2
5	18	167,9129	
15	18	195,8250	195,8250
10	18		216,5617
control	6		222,9683
Sig.		,051	,060

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática

(Error) = 659,156.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica  
= 12,000

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

### Adhesividad

DHS de Tukey

tiempo	N	Subconjunto		
		1	2	3
10	18	4,4433		
15	18	5,4312	5,4312	
control	6		9,7500	
5	18			17,9238
Sig.		,949	,101	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 20,163.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,000

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

### Cohesividad

DHS de Tukey

tiempo	N	Subconjunto	
		1	2
control	6	,3150	
10	18	,3972	,3972
5	18	,4188	,4188
15	18		,4828
Sig.		,251	,418

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,018.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,000

b. Alfa = ,05.

### Elasticidad

DHS de Tukey

tiempo	N	Subconjunto
		1
15	18	5,5444
10	18	6,0350
control	6	7,2783
5	18	7,3972
Sig.		,109

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 3,826.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,000

- b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- c. Alfa = ,05.

### Gomosidad

DHS de Tukey

tiempo	N	Subconjunto
		1
5	18	62,6051
control	6	67,3650
10	18	85,6406
15	18	87,3861
Sig.		,072

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 586,471.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,000
- b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- c. Alfa = ,05.

### Masticabilidad

DHS de Tukey

tiempo	N	Subconjunto
		1
15	18	427,6856
5	18	429,6145
control	6	460,0133

10	18	482,9328
Sig.		,587

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 11366,280.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,000

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

#### Anexo 8 Pruebas Post hoc para la variable Temperatura

##### Firmeza

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto	
		1	2
28°C	18	185,2781	
10°C	18	196,3004	196,3004
16°C	18	198,7211	198,7211
control	6		222,9683
Sig.		,579	,067

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 659,156.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,000

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

##### Adhesividad

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto	
		1	2
28°C	18	3,4332	
control	6		9,7500
10°C	18		11,1939
16°C	18		13,1712
Sig.		1,000	,257

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 20,163.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,000
- Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- Alfa = ,05.

### Cohesividad

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto	
		1	2
control	6	,3150	
10°C	18	,3470	
16°C	18	,3711	
28°C	18		,5807
Sig.		,741	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,018.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,000
- Alfa = ,05.

**Elasticidad**

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto	
		1	2
28°C	18	5,0773	
16°C	18	6,6011	6,6011
control	6		7,2783
10°C	18		7,2982
Sig.		,239	,819

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 3,826.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,000

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

**Gomosidad**

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto	
		1	2
control	6	67,3650	
10°C	18	68,0145	
16°C	18	70,4656	
28°C	18		97,1517
Sig.		,989	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 586,471.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,000
- b. Alfa = ,05.

### Masticabilidad

DHS de Tukey

Temperatura	N	Subconjunto
		1
16°C	18	416,6283
10°C	18	452,3101
control	6	460,0133
28°C	18	471,2944
Sig.		,595

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 11366,280.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,000
- b. Los tamaños de los grupos son distintos.  
Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- c. Alfa = ,05.

### Anexo 9 Pruebas Post hoc para la variable Humedad Relativa HR

#### Firmeza

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto	
		1	2
50	27	192,9510	
70	27	193,9154	
control	6		222,9683
Sig.		,995	1,000



Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 659,156.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,462

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

#### **Adhesividad**

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto
		1
70	27	8,6930
control	6	9,7500
50	27	9,8393
Sig.		,800

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 20,163.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,462

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

#### **Cohesividad**

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto	
		1	2
control	6	,3150	
70	27	,4123	,4123
50	27		,4536
Sig.		,183	,729

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática  
(Error) = ,018.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,462

b. Alfa = ,05.

### Elasticidad

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto
		1
50	27	5,4621
70	27	7,1889
control	6	7,2783
Sig.		,063

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 3,826.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,462

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

**Gomosidad**

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto
		1
control	6	67,3650
70	27	71,3198
50	27	85,7680
Sig.		,151

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 586,471.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,462

b. Alfa = ,05.

**Masticabilidad**

DHS de Tukey

HR	N	Subconjunto
		1
50	27	410,4590
control	6	460,0133
70	27	483,0295
Sig.		,217

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 11366,280.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,462

- b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- c. Alfa = ,05.

## Anexos-Capítulo 4

### Anexo 10 Estadísticos descriptivos de propiedades fisicoquímicas para zapallo mínimamente procesado almacenado

Estadísticos descriptivos					
	Empaque	t	Media	Desviación típica	N
pH	Control	Control	6,7700	,22517	3
		Total	6,7700	,22517	3
	Domo	4D1	6,4950	,23335	2
		4D2	6,8050	,27577	2
		4D3	7,2750	,36062	2
		8D1	6,5600	,21213	2
		8D2	5,9950	,44548	2
		8D3	5,8700	,14142	2
		12D1	6,3600	,07071	2
		12D2	7,0400	,02828	2
		12D3	6,8750	,03536	2
		Total	6,5861	,48505	18
	Film	4F1	6,6650	,06364	2
		4F2	7,0000	,07071	2
		4F3	7,0150	,78489	2
		8F1	7,2550	,33234	2
		8F2	5,8850	,02121	2
		8F3	7,0150	,00707	2
		12F1	6,8350	,06364	2
		12F2	6,8750	,03536	2

ATT	Total	12F3	5,9250	,21920	2
		Total	6,7189	,52051	18
		Control	6,7700	,22517	3
		4D1	6,4950	,23335	2
		4D2	6,8050	,27577	2
		4D3	7,2750	,36062	2
		8D1	6,5600	,21213	2
		8D2	5,9950	,44548	2
		8D3	5,8700	,14142	2
		12D1	6,3600	,07071	2
		12D2	7,0400	,02828	2
		12D3	6,8750	,03536	2
		4F1	6,6650	,06364	2
		4F2	7,0000	,07071	2
		4F3	7,0150	,78489	2
		8F1	7,2550	,33234	2
		8F2	5,8850	,02121	2
		8F3	7,0150	,00707	2
		12F1	6,8350	,06364	2
		12F2	6,8750	,03536	2
		12F3	5,9250	,21920	2
		Total	6,6615	,48405	39
	Control	Control	,1067	,02887	3
		Total	,1067	,02887	3
		4D1	,1500	,00000	2
	Domo	4D2	,1200	,01414	2
		4D3	,0400	,01414	2
		8D1	,1000	,01414	2
		8D2	,1000	,01414	2
		8D3	,1150	,00707	2
		12D1	,0950	,00707	2
		12D2	,0450	,00707	2
		12D3	,0750	,00707	2
		Total	,0933	,03515	18
	Film	4F1	,1250	,00707	2
		4F2	,0950	,02121	2
		4F3	,0850	,04950	2

SST	Total	8F1	,0900	,02828	2
		8F2	,1000	,01414	2
		8F3	,0700	,00000	2
		12F1	,0700	,01414	2
		12F2	,0600	,01414	2
		12F3	,0850	,00707	2
		Total	,0867	,02473	18
		Control	,1067	,02887	3
		4D1	,1500	,00000	2
		4D2	,1200	,01414	2
		4D3	,0400	,01414	2
		8D1	,1000	,01414	2
		8D2	,1000	,01414	2
		8D3	,1150	,00707	2
		12D1	,0950	,00707	2
		12D2	,0450	,00707	2
		12D3	,0750	,00707	2
		4F1	,1250	,00707	2
		4F2	,0950	,02121	2
		4F3	,0850	,04950	2
	Control	8F1	,0900	,02828	2
		8F2	,1000	,01414	2
		8F3	,0700	,00000	2
		12F1	,0700	,01414	2
		12F2	,0600	,01414	2
		12F3	,0850	,00707	2
		Total	,0913	,03002	39
		Control	4,5333	,05774	3
		Total	4,5333	,05774	3
		4D1	4,7500	,07071	2
		4D2	4,8500	,07071	2
		4D3	4,9000	,00000	2
		8D1	6,4500	,07071	2
		8D2	6,7500	,07071	2
		8D3	3,8500	,07071	2
		12D1	5,1000	,28284	2
		12D2	5,5000	,70711	2
		12D3	7,5500	,77782	2
		Total	5,5222	1,16294	18
	Film	4F1	4,5000	,00000	2

Pp		4F2	4,4000	,00000	2
		4F3	4,4000	,14142	2
		8F1	7,0000	1,55563	2
		8F2	6,3000	,14142	2
		8F3	5,5500	1,06066	2
		12F1	4,0500	,77782	2
		12F2	5,7000	,00000	2
		12F3	7,8000	,98995	2
		Total	5,5222	1,38588	18
		Control	4,5333	,05774	3
		4D1	4,7500	,07071	2
		4D2	4,8500	,07071	2
		4D3	4,9000	,00000	2
		8D1	6,4500	,07071	2
		8D2	6,7500	,07071	2
		8D3	3,8500	,07071	2
		12D1	5,1000	,28284	2
		12D2	5,5000	,70711	2
		12D3	7,5500	,77782	2
	Total	4F1	4,5000	,00000	2
		4F2	4,4000	,00000	2
		4F3	4,4000	,14142	2
		8F1	7,0000	1,55563	2
		8F2	6,3000	,14142	2
		8F3	5,5500	1,06066	2
		12F1	4,0500	,77782	2
		12F2	5,7000	,00000	2
		12F3	7,8000	,98995	2
		Total	5,4462	1,23924	39
		Control	,0000	,00000	3
	Control	Total	,0000	,00000	3
		4D1	3,7350	3,89616	2
		4D2	4,3900	3,40825	2
		4D3	,9700	,01414	2
		8D1	1,1200	,14142	2
		8D2	3,4650	2,10011	2
		8D3	1,9700	,01414	2
		12D1	2,5900	1,56978	2
		12D2	2,6450	,27577	2
	Domo	12D3	3,1050	,13435	2

Humedad	Film	Total	2,6656	1,80183	18
		4F1	4,9850	1,35057	2
		4F2	,5150	,68589	2
		4F3	4,3700	3,43654	2
		8F1	21,2050	7,81353	2
		8F2	3,4450	3,52846	2
		8F3	2,9850	2,84964	2
		12F1	19,8200	23,73050	2
		12F2	15,3900	20,23740	2
		12F3	1,0000	1,38593	2
		Total	8,1906	11,25495	18
	Total	Control	,0000	,00000	3
		4D1	3,7350	3,89616	2
		4D2	4,3900	3,40825	2
		4D3	,9700	,01414	2
		8D1	1,1200	,14142	2
		8D2	3,4650	2,10011	2
		8D3	1,9700	,01414	2
		12D1	2,5900	1,56978	2
		12D2	2,6450	,27577	2
		12D3	3,1050	,13435	2
		4F1	4,9850	1,35057	2
		4F2	,5150	,68589	2
		4F3	4,3700	3,43654	2
		8F1	21,2050	7,81353	2
		8F2	3,4450	3,52846	2
		8F3	2,9850	2,84964	2
		12F1	19,8200	23,73050	2
		12F2	15,3900	20,23740	2
		12F3	1,0000	1,38593	2
	Control	Total	5,0105	8,21579	39
		Control	99,3133	,20133	3
		Total	99,3133	,20133	3
	Domo	4D1	96,7750	,48790	2
		4D2	96,6450	,47376	2
		4D3	97,0800	,04243	2
		8D1	94,0500	,66468	2
		8D2	95,5500	,04243	2
		8D3	95,2300	,00000	2
		12D1	95,3200	,01414	2



CT	Film	12D2	95,3300	,01414	2
		12D3	95,5150	,03536	2
		Total	95,7217	,95085	18
		4F1	96,7750	,48790	2
		4F2	96,6450	,47376	2
		4F3	97,0800	,04243	2
		8F1	95,5950	,00707	2
		8F2	95,5500	,12728	2
		8F3	95,3550	,00707	2
		12F1	95,3000	,08485	2
		12F2	95,1650	,28991	2
		12F3	95,5300	,01414	2
		Total	95,8883	,73144	18
		Control	99,3133	,20133	3
		4D1	96,7750	,48790	2
		4D2	96,6450	,47376	2
		4D3	97,0800	,04243	2
		8D1	94,0500	,66468	2
		8D2	95,5500	,04243	2
		8D3	95,2300	,00000	2
		12D1	95,3200	,01414	2
		12D2	95,3300	,01414	2
		12D3	95,5150	,03536	2
	Total	4F1	96,7750	,48790	2
		4F2	96,6450	,47376	2
		4F3	97,0800	,04243	2
		8F1	95,5950	,00707	2
		8F2	95,5500	,12728	2
		8F3	95,3550	,00707	2
		12F1	95,3000	,08485	2
		12F2	95,1650	,28991	2
		12F3	95,5300	,01414	2
		Total	96,0749	1,24479	39
	Control	Control	842,5100	64,95802	3
		Total	842,5100	64,95802	3
	Domo	4D1	707,9550	21,98395	2
		4D2	839,1250	73,88559	2
		4D3	315,0100	57,02109	2
		8D1	816,2750	23,83657	2
		8D2	701,1400	15,42907	2

L			8D3	353,1300	101,87995	2
			12D1	376,0000	117,76156	2
			12D2	414,7600	52,89159	2
			12D3	669,1500	26,55893	2
			Total	576,9494	209,02239	18
		Film	4F1	790,9800	29,69848	2
			4F2	775,2950	84,95888	2
			4F3	290,2150	44,37095	2
			8F1	809,1700	85,60235	2
			8F2	572,0600	313,26245	2
			8F3	578,7650	119,73439	2
			12F1	464,7750	157,38076	2
			12F2	475,4150	84,93060	2
			12F3	623,3700	101,31426	2
			Total	597,7828	196,59382	18
			Control	842,5100	64,95802	3
			4D1	707,9550	21,98395	2
			4D2	839,1250	73,88559	2
			4D3	315,0100	57,02109	2
			8D1	816,2750	23,83657	2
			8D2	701,1400	15,42907	2
			8D3	353,1300	101,87995	2
			12D1	376,0000	117,76156	2
			12D2	414,7600	52,89159	2
			12D3	669,1500	26,55893	2
		Total	4F1	790,9800	29,69848	2
			4F2	775,2950	84,95888	2
			4F3	290,2150	44,37095	2
			8F1	809,1700	85,60235	2
			8F2	572,0600	313,26245	2
			8F3	578,7650	119,73439	2
			12F1	464,7750	157,38076	2
			12F2	475,4150	84,93060	2
			12F3	623,3700	101,31426	2
			Total	606,9926	204,70705	39
			Control	54,8333	2,16962	3
			Total	54,8333	2,16962	3
		Domo	4D1	52,3000	2,95571	2
			4D2	64,2150	2,12839	2
			4D3	48,1250	6,54074	2

a	Film	8D1	60,1500	7,43876	2
		8D2	59,5950	1,06773	2
		8D3	62,1800	3,59210	2
		12D1	63,9000	,97581	2
		12D2	62,9000	1,14551	2
		12D3	52,1900	6,49124	2
		Total	58,3950	6,59194	18
		4F1	53,4950	,14849	2
		4F2	54,2850	,36062	2
		4F3	62,2100	2,17789	2
		8F1	63,0250	,07778	2
		8F2	59,4500	,35355	2
		8F3	43,6900	3,09713	2
		12F1	65,3550	2,94864	2
		12F2	61,9950	5,09824	2
		12F3	37,0500	,98995	2
		Total	55,6172	9,49893	18
		Control	54,8333	2,16962	3
	Total	4D1	52,3000	2,95571	2
		4D2	64,2150	2,12839	2
		4D3	48,1250	6,54074	2
		8D1	60,1500	7,43876	2
		8D2	59,5950	1,06773	2
		8D3	62,1800	3,59210	2
		12D1	63,9000	,97581	2
		12D2	62,9000	1,14551	2
		12D3	52,1900	6,49124	2
		4F1	53,4950	,14849	2
		4F2	54,2850	,36062	2
		4F3	62,2100	2,17789	2
		8F1	63,0250	,07778	2
		8F2	59,4500	,35355	2
		8F3	43,6900	3,09713	2
		12F1	65,3550	2,94864	2
		12F2	61,9950	5,09824	2
		12F3	37,0500	,98995	2
		Total	56,8390	7,88828	39
	Control	Control	19,5667	2,07061	3
		Total	19,5667	2,07061	3
	Domo	4D1	19,6550	,16263	2

b		4D2	19,0000	,25456	2
		4D3	10,1550	,28991	2
		8D1	17,2500	,52326	2
		8D2	16,8550	2,39709	2
		8D3	12,6400	,59397	2
		12D1	15,3450	,04950	2
		12D2	14,9700	2,94156	2
		12D3	19,3850	4,22143	2
		Total	16,1394	3,41951	18
		4F1	21,9300	1,59806	2
		4F2	18,5300	2,48902	2
		4F3	11,7000	,69296	2
		8F1	20,3650	,26163	2
		8F2	18,9500	1,40007	2
		8F3	11,2600	2,02233	2
		12F1	17,4000	2,00818	2
		12F2	17,0700	1,93747	2
		12F3	14,3450	,41719	2
		Total	16,8389	3,77988	18
		Control	19,5667	2,07061	3
	Film	4D1	19,6550	,16263	2
		4D2	19,0000	,25456	2
		4D3	10,1550	,28991	2
		8D1	17,2500	,52326	2
		8D2	16,8550	2,39709	2
		8D3	12,6400	,59397	2
		12D1	15,3450	,04950	2
		12D2	14,9700	2,94156	2
		12D3	19,3850	4,22143	2
		4F1	21,9300	1,59806	2
		4F2	18,5300	2,48902	2
		4F3	11,7000	,69296	2
		8F1	20,3650	,26163	2
		8F2	18,9500	1,40007	2
		8F3	11,2600	2,02233	2
		12F1	17,4000	2,00818	2
		12F2	17,0700	1,93747	2
		12F3	14,3450	,41719	2
		Total	16,7259	3,55733	39
		Control	43,6400	4,88782	3
	Total	Control	43,6400	4,88782	3
		Control	43,6400	4,88782	3

Domo	Total	43,6400	4,88782	3
	4D1	41,6750	9,36916	2
	4D2	52,2450	,28991	2
	4D3	26,9350	10,89652	2
	8D1	41,4600	4,01637	2
	8D2	41,0500	6,23668	2
	8D3	47,6300	2,26274	2
	12D1	45,4550	,62933	2
	12D2	52,6350	,06364	2
	12D3	37,1950	12,18345	2
	Total	42,9200	9,16010	18
Film	4F1	50,6350	5,83363	2
	4F2	46,8150	3,92444	2
	4F3	44,7850	,30406	2
	8F1	48,3150	3,71231	2
	8F2	46,3950	2,63751	2
	8F3	15,9750	1,19501	2
	12F1	43,2950	2,83550	2
	12F2	49,9400	,62225	2
	12F3	18,7600	,93338	2
	Total	40,5461	13,14305	18
Total	Control	43,6400	4,88782	3
	4D1	41,6750	9,36916	2
	4D2	52,2450	,28991	2
	4D3	26,9350	10,89652	2
	8D1	41,4600	4,01637	2
	8D2	41,0500	6,23668	2
	8D3	47,6300	2,26274	2
	12D1	45,4550	,62933	2
	12D2	52,6350	,06364	2
	12D3	37,1950	12,18345	2
	4F1	50,6350	5,83363	2
	4F2	46,8150	3,92444	2
	4F3	44,7850	,30406	2
	8F1	48,3150	3,71231	2
	8F2	46,3950	2,63751	2
	8F3	15,9750	1,19501	2
	12F1	43,2950	2,83550	2
	12F2	49,9400	,62225	2
	12F3	18,7600	,93338	2

C	Control	Total	41,8797	10,84772	39
		Control	47,8267	5,29987	3
		Total	47,8267	5,29987	3
	Domo	4D1	46,1700	8,38629	2
		4D2	55,5900	,36770	2
		4D3	28,9400	10,04092	2
		8D1	44,9100	3,91737	2
		8D2	44,3750	6,68216	2
		8D3	49,2800	2,34759	2
		12D1	47,9750	,61518	2
		12D2	54,7550	,74246	2
		12D3	41,9650	12,74914	2
		Total	45,9956	9,03972	18
	Film	4F1	55,1800	5,98212	2
		4F2	50,3500	4,56791	2
		4F3	46,2950	,12021	2
		8F1	52,4450	3,31633	2
		8F2	50,1200	2,96985	2
		8F3	19,5550	2,14253	2
		12F1	46,6650	3,38704	2
		12F2	52,7900	1,21622	2
		12F3	23,6200	,48083	2
		Total	44,1133	12,94166	18
	Total	Control	47,8267	5,29987	3
		4D1	46,1700	8,38629	2
		4D2	55,5900	,36770	2
		4D3	28,9400	10,04092	2
		8D1	44,9100	3,91737	2
		8D2	44,3750	6,68216	2
		8D3	49,2800	2,34759	2
		12D1	47,9750	,61518	2
		12D2	54,7550	,74246	2
		12D3	41,9650	12,74914	2
		4F1	55,1800	5,98212	2
		4F2	50,3500	4,56791	2
		4F3	46,2950	,12021	2
		8F1	52,4450	3,31633	2
		8F2	50,1200	2,96985	2
		8F3	19,5550	2,14253	2
		12F1	46,6650	3,38704	2

H		12F2	52,7900	1,21622	2
		12F3	23,6200	,48083	2
		Total	45,2677	10,69407	39
		Control	65,8433	,26502	3
		Total	65,8433	,26502	3
		4D1	64,2750	5,22552	2
		4D2	70,0150	,14849	2
		4D3	67,8250	8,70448	2
		8D1	67,3550	1,36472	2
		8D2	67,6650	,19092	2
		8D3	75,1400	,00000	2
		12D1	71,3500	,18385	2
		12D2	74,1400	2,98399	2
		12D3	62,0600	2,70115	2
		Total	68,8694	4,94072	18
		4F1	66,5300	,89095	2
		4F2	68,4500	1,00409	2
		4F3	75,3600	,93338	2
		8F1	67,0850	1,84555	2
		8F2	67,7950	,34648	2
		8F3	54,9750	2,84964	2
		12F1	68,1450	,99702	2
		12F2	71,1450	1,77484	2
		12F3	52,5750	2,18496	2
		Total	65,7844	7,21393	18
		Control	65,8433	,26502	3
		4D1	64,2750	5,22552	2
		4D2	70,0150	,14849	2
		4D3	67,8250	8,70448	2
		8D1	67,3550	1,36472	2
		8D2	67,6650	,19092	2
		8D3	75,1400	,00000	2
		12D1	71,3500	,18385	2
		12D2	74,1400	2,98399	2
		12D3	62,0600	2,70115	2
		4F1	66,5300	,89095	2
		4F2	68,4500	1,00409	2
		4F3	75,3600	,93338	2
		8F1	67,0850	1,84555	2
		8F2	67,7950	,34648	2

IA		8F3	54,9750	2,84964	2
		12F1	68,1450	,99702	2
		12F2	71,1450	1,77484	2
		12F3	52,5750	2,18496	2
		Total	67,2128	6,05146	39
		Control	114,1667	17,60419	3
		Total	114,1667	17,60419	3
		4D1	113,2900	19,19088	2
		4D2	116,2750	3,20319	2
		4D3	78,4800	21,69404	2
		8D1	98,6300	2,64458	2
		8D2	98,2850	13,17340	2
		8D3	109,4750	1,12430	2
		12D1	101,6350	,14849	2
		12D2	119,5550	2,04354	2
		12D3	100,5250	20,83844	2
		Total	104,0167	15,23949	18
		4F1	135,2350	15,95940	2
		4F2	123,1650	9,51059	2
		4F3	102,8950	2,90621	2
		8F1	109,5050	8,29436	2
		8F2	111,4750	5,66393	2
		8F3	52,4950	7,62968	2
		12F1	94,8800	10,49346	2
		12F2	115,4000	8,04688	2
		12F3	72,3050	1,64756	2
		Total	101,9283	25,68429	18
		Control	114,1667	17,60419	3
		4D1	113,2900	19,19088	2
		4D2	116,2750	3,20319	2
		4D3	78,4800	21,69404	2
		8D1	98,6300	2,64458	2
		8D2	98,2850	13,17340	2
		8D3	109,4750	1,12430	2
		12D1	101,6350	,14849	2
		12D2	119,5550	2,04354	2



12D3	100,5250	20,83844	2
4F1	135,2350	15,95940	2
4F2	123,1650	9,51059	2
4F3	102,8950	2,90621	2
8F1	109,5050	8,29436	2
8F2	111,4750	5,66393	2
8F3	52,4950	7,62968	2
12F1	94,8800	10,49346	2
12F2	115,4000	8,04688	2
12F3	72,3050	1,64756	2
Total	103,8336	20,62752	39

**Anexo 11 Pruebas Post hoc para parámetros fisicoquímicos en los diferentes tipos de empaque para zapallo mínimamente procesado en julianas almacenado 5°C y 42%HR**

**pH**

DHS de Tukey

Empaque	N	Subconjunto
		1
Domo	18	6,5861
Film	18	6,7189
Control	3	6,7700
Sig.		,429

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,071.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,750

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

**ATT**

DHS de Tukey

Empaque	N	Subconjunto
		1
Film	18	,0867
Domo	18	,0933
Control	3	,1067
Sig.		,150

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,750

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

### SST

DHS de Tukey

Empaque	N	Subconjunto	
		1	2
Control	3	4,5333	
Domo	18		5,5222
Film	18		5,5222
Sig.		1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,319.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,750

b. Alfa = ,05.

### Pp

DHS de Tukey

Empaque	N	Subconjunto
		1
Control	3	,0000
Domo	18	2,6656
Film	18	8,1906
Sig.		,132

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 55,206.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,750

b. Alfa = ,05.

### Humedad

DHS de Tukey

Empaque	N	Subconjunto	
		1	2
Domo	18	95,7217	
Film	18	95,8883	
Control	3		99,3133
Sig.		,528	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,078.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,750

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

### CT

DHS de Tukey

Empaque	N	Subconjunto	
		1	2
Domo	18	576,9494	
Film	18	597,7828	
Control	3		842,5100
Sig.		,929	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 10915,102.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,750

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

### L

DHS de Tukey

Empaque	N	Subconjunto
		1
Control	3	54,8333
Film	18	55,6172
Domo	18	58,3950
Sig.		,156

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 11,476.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,750

b. Alfa = ,05.

### C

DHS de Tukey

Empaque	N	Subconjunto
		1

Film	18	44,1133
Domo	18	45,9956
Control	3	47,8267
Sig.		,412

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 27,535.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,750

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

## H

DHS de Tukey

Empaque	N	Subconjunto
		1
Film	18	65,7844
Control	3	65,8433
Domo	18	68,8694
Sig.		,114

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 7,230.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,750

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

## IA

DHS de Tukey

Empaque	N	Subconjunto
		1
Film	18	101,9283
Domo	18	104,0167
Control	3	114,1667
Sig.		,163

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 138,975.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,750

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

#### **Anexo 12 Pruebas Post hoc para propiedades fisicoquímicas para la variable de tiempo de almacenamiento de zapallo mínimamente procesado en julianas**

##### **pH**

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto		
		1	2	3
8D3	2	5,8700		
8F2	2	5,8850		
12F3	2	5,9250		
8D2	2	5,9950	5,9950	
12D1	2	6,3600	6,3600	6,3600
4D1	2	6,4950	6,4950	6,4950
8D1	2	6,5600	6,5600	6,5600
4F1	2	6,6650	6,6650	6,6650
Control	3	6,7700	6,7700	6,7700
4D2	2	6,8050	6,8050	6,8050
12F1	2	6,8350	6,8350	6,8350
12D3	2	6,8750	6,8750	6,8750
12F2	2	6,8750	6,8750	6,8750

4F2	2		7,0000	7,0000
8F3	2		7,0150	7,0150
4F3	2		7,0150	7,0150
12D2	2		7,0400	7,0400
8F1	2			7,2550
4D3	2			7,2750
Sig.		,074	,055	,140

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,071.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,036
- Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- Alfa = ,05.

### ATT

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
4D3	2	,0400			
12D2	2	,0450	,0450		
12F2	2	,0600	,0600	,0600	
8F3	2	,0700	,0700	,0700	
12F1	2	,0700	,0700	,0700	
12D3	2	,0750	,0750	,0750	
4F3	2	,0850	,0850	,0850	,0850
12F3	2	,0850	,0850	,0850	,0850
8F1	2	,0900	,0900	,0900	,0900
12D1	2	,0950	,0950	,0950	,0950
4F2	2	,0950	,0950	,0950	,0950
8D1	2	,1000	,1000	,1000	,1000
8D2	2	,1000	,1000	,1000	,1000
8F2	2	,1000	,1000	,1000	,1000
Control	3	,1067	,1067	,1067	,1067
8D3	2		,1150	,1150	,1150
4D2	2			,1200	,1200

4F1	2			,1250	,1250
4D1	2				,1500
Sig.		,113	,081	,133	,133

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,036

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

### SST

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto					
		1	2	3	4	5	6
8D3	2	3,8500					
12F1	2	4,0500					
4F2	2	4,4000	4,4000				
4F3	2	4,4000	4,4000				
4F1	2	4,5000	4,5000				
Control	3	4,5333	4,5333	4,5333			
4D1	2	4,7500	4,7500	4,7500			
4D2	2	4,8500	4,8500	4,8500	4,8500		
4D3	2	4,9000	4,9000	4,9000	4,9000		
12D1	2	5,1000	5,1000	5,1000	5,1000		
12D2	2	5,5000	5,5000	5,5000	5,5000	5,5000	
8F3	2	5,5500	5,5500	5,5500	5,5500	5,5500	
12F2	2	5,7000	5,7000	5,7000	5,7000	5,7000	5,7000
8F2	2		6,3000	6,3000	6,3000	6,3000	6,3000
8D1	2		6,4500	6,4500	6,4500	6,4500	6,4500
8D2	2			6,7500	6,7500	6,7500	6,7500
8F1	2				7,0000	7,0000	7,0000
12D3	2					7,5500	7,5500
12F3	2						7,8000
Sig.		,185	,097	,055	,069	,097	,082



Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,319.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,036

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

### Pp

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto
		1
Control	3	,0000
4F2	2	,5150
4D3	2	,9700
12F3	2	1,0000
8D1	2	1,1200
8D3	2	1,9700
12D1	2	2,5900
12D2	2	2,6450
8F3	2	2,9850
12D3	2	3,1050
8F2	2	3,4450
8D2	2	3,4650
4D1	2	3,7350
4F3	2	4,3700
4D2	2	4,3900
4F1	2	4,9850
12F2	2	15,3900
12F1	2	19,8200
8F1	2	21,2050
Sig.		,359

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 55,206.

a. Usa el tamaño muestral de la media

armónica = 2,036

b. Alfa = ,05.

### Humedad

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
8D1	2	94,0500				
12F2	2		95,1650			
8D3	2		95,2300			
12F1	2		95,3000			
12D1	2		95,3200			
12D2	2		95,3300			
8F3	2		95,3550			
12D3	2		95,5150			
12F3	2		95,5300			
8D2	2		95,5500	95,5500		
8F2	2		95,5500	95,5500		
8F1	2		95,5950	95,5950		
4D2	2			96,6450	96,6450	
4F2	2			96,6450	96,6450	
4D1	2				96,7750	
4F1	2				96,7750	
4D3	2				97,0800	
4F3	2				97,0800	
Control	3					99,3133
Sig.		1,000	,978	,055	,976	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,078.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,036

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
4F3	2	290,2150				
4D3	2	315,0100	315,0100			
8D3	2	353,1300	353,1300			
12D1	2	376,0000	376,0000	376,0000		
12D2	2	414,7600	414,7600	414,7600	414,7600	
12F1	2	464,7750	464,7750	464,7750	464,7750	464,7750
12F2	2	475,4150	475,4150	475,4150	475,4150	475,4150
8F2	2	572,0600	572,0600	572,0600	572,0600	572,0600
8F3	2	578,7650	578,7650	578,7650	578,7650	578,7650
12F3	2	623,3700	623,3700	623,3700	623,3700	623,3700
12D3	2	669,1500	669,1500	669,1500	669,1500	669,1500
8D2	2	701,1400	701,1400	701,1400	701,1400	701,1400
4D1	2		707,9550	707,9550	707,9550	707,9550
4F2	2			775,2950	775,2950	775,2950
4F1	2				790,9800	790,9800
8F1	2				809,1700	809,1700
8D1	2				816,2750	816,2750
4D2	2					839,1250
Control	3					842,5100
Sig.		,054	,075	,067	,064	,100

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 10915,102.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,036
- Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- Alfa = ,05.

## L

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
12F3	2	37,0500			
8F3	2	43,6900	43,6900		
4D3	2	48,1250	48,1250	48,1250	

12D3	2		52,1900	52,1900	52,1900
4D1	2		52,3000	52,3000	52,3000
4F1	2		53,4950	53,4950	53,4950
4F2	2		54,2850	54,2850	54,2850
Control	3		54,8333	54,8333	54,8333
8F2	2			59,4500	59,4500
8D2	2			59,5950	59,5950
8D1	2			60,1500	60,1500
12F2	2				61,9950
8D3	2				62,1800
4F3	2				62,2100
12D2	2				62,9000
8F1	2				63,0250
12D1	2				63,9000
4D2	2				64,2150
12F1	2				65,3550
Sig.		,186	,180	,113	,059

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 11,476.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,036

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

### C

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
8F3	2	19,5550			
12F3	2	23,6200	23,6200		
4D3	2	28,9400	28,9400	28,9400	
12D3	2		41,9650	41,9650	41,9650
8D2	2		44,3750	44,3750	44,3750
8D1	2			44,9100	44,9100
4D1	2			46,1700	46,1700
4F3	2			46,2950	46,2950

12F1	2			46,6650	46,6650
Control	3			47,8267	47,8267
12D1	2			47,9750	47,9750
8D3	2			49,2800	49,2800
8F2	2				50,1200
4F2	2				50,3500
8F1	2				52,4450
12F2	2				52,7900
12D2	2				54,7550
4F1	2				55,1800
4D2	2				55,5900
Sig.		,927	,051	,060	,503

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 27,535.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,036

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

## H

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
12F3	2	52,5750				
8F3	2	54,9750	54,9750			
12D3	2	62,0600	62,0600	62,0600		
4D1	2		64,2750	64,2750	64,2750	
Control	3			65,8433	65,8433	65,8433
4F1	2			66,5300	66,5300	66,5300
8F1	2			67,0850	67,0850	67,0850
8D1	2			67,3550	67,3550	67,3550
8D2	2			67,6650	67,6650	67,6650
8F2	2			67,7950	67,7950	67,7950
4D3	2			67,8250	67,8250	67,8250
12F1	2			68,1450	68,1450	68,1450
4F2	2			68,4500	68,4500	68,4500

4D2	2			70,0150	70,0150	70,0150
12F2	2			71,1450	71,1450	71,1450
12D1	2			71,3500	71,3500	71,3500
12D2	2				74,1400	74,1400
8D3	2					75,1400
4F3	2					75,3600
Sig.		,117	,133	,134	,090	,115

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 7,230.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,036
- Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- Alfa = ,05.

#### IA

DHS de Tukey

t	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
8F3	2	52,4950			
12F3	2	72,3050	72,3050		
4D3	2	78,4800	78,4800	78,4800	
12F1	2	94,8800	94,8800	94,8800	94,8800
8D2	2	98,2850	98,2850	98,2850	98,2850
8D1	2	98,6300	98,6300	98,6300	98,6300
12D3	2		100,5250	100,5250	100,5250
12D1	2		101,6350	101,6350	101,6350
4F3	2		102,8950	102,8950	102,8950
8D3	2		109,4750	109,4750	109,4750
8F1	2		109,5050	109,5050	109,5050
8F2	2		111,4750	111,4750	111,4750
4D1	2		113,2900	113,2900	113,2900
Control	3		114,1667	114,1667	114,1667
12F2	2		115,4000	115,4000	115,4000
4D2	2		116,2750	116,2750	116,2750
12D2	2			119,5550	119,5550
4F2	2			123,1650	123,1650
4F1	2				135,2350

Sig.		,056	,080	,071	,142
------	--	------	------	------	------

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 138,975.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,036

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

### Anexo 13 Estadísticos descriptivos del análisis de perfil de textura APT para zapallo mínimamente procesado

Estadísticos descriptivos					
	Empaque	tiempo	Media	Desviación típica	N
Firmeza	Control	Control	35,95400	1,103596	6
		Total	35,95400	1,103596	6
		4 días	33,69525	,460327	4
	Domo	8 días	25,44200	,354296	4
		12 días	9,70450	,688756	4
		Total	22,94725	10,404939	12
	Film	4 días	30,37850	1,009984	4
		8 días	13,07825	1,889348	4
		12 días	6,36900	1,181336	4
		Total	16,60858	10,641460	12
	Total	Control	35,95400	1,103596	6
		4 días	32,03688	1,916007	8
		8 días	19,26013	6,727450	8
		12 días	8,03675	1,995027	8
Adhesividad	Control	Total	23,01313	11,655537	30
		Control	,08700	,077661	6
		Total	,08700	,077661	6
	Domo	4 días	,03600	,028612	4
		8 días	,01000	,008124	4
		12 días	,03750	,031342	4

Cohesividad	Film	Total	,02783	,026135	12
		4 días	,02625	,010046	4
		8 días	,13050	,160952	4
		12 días	,01500	,007257	4
		Total	,05725	,100283	12
		Control	,08700	,077661	6
		4 días	,03113	,020525	8
		8 días	,07025	,123610	8
		12 días	,02625	,024253	8
		Total	,05143	,074965	30
		Control	,30333	,063849	6
		Total	,30333	,063849	6
	Domo	4 días	,26650	,053476	4
		8 días	,03150	,020728	4
		12 días	,32575	,076334	4
		Total	,20792	,141777	12
		4 días	,30250	,068869	4
		8 días	,22050	,095577	4
		12 días	,25400	,063770	4
		Total	,25900	,078295	12
		Control	,30333	,063849	6
		4 días	,28450	,060238	8
		8 días	,12600	,119604	8
		12 días	,28988	,075571	8
Elasticidad	Film	Total	,24743	,109547	30
		Control	4,11067	1,115042	6
		Total	4,11067	1,115042	6
		4 días	4,97475	1,265223	4
		8 días	5,73300	1,321683	4
		12 días	8,25500	3,111377	4
		Total	6,32092	2,387065	12
		4 días	5,54025	1,945783	4
		8 días	5,80125	3,057062	4
		12 días	3,85925	,567243	4
		Total	5,06692	2,115901	12
		Control	4,11067	1,115042	6
	Domo	4 días	5,25750	1,549201	8
		8 días	5,76713	2,180653	8
		12 días	6,05712	3,131694	8
		Total	5,37727	2,194115	30



Gomosidad	Control	Control	10,87683	2,100662	6
		Total	10,87683	2,100662	6
	Domo	4 días	8,90175	1,914534	4
		8 días	1,20925	,383095	4
		12 días	3,18875	,912610	4
		Total	4,43325	3,587567	12
	Film	4 días	9,18375	2,039194	4
		8 días	2,86025	1,179363	4
		12 días	1,50250	,183783	4
		Total	4,51550	3,707379	12
	Total	Control	10,87683	2,100662	6
		4 días	9,04275	1,837324	8
		8 días	2,03475	1,199082	8
		12 días	2,34563	1,088038	8
		Total	5,75487	4,200295	30
Masticabilidad	Control	Control	42,97267	6,127171	6
		Total	42,97267	6,127171	6
	Domo	4 días	41,25900	7,082519	4
		8 días	6,91575	1,439033	4
		12 días	24,96725	7,462425	4
		Total	24,38067	15,622665	12
	Film	4 días	48,87400	11,555046	4
		8 días	14,24100	3,496702	4
		12 días	5,59475	,587287	4
		Total	22,90325	20,526407	12
	Total	Control	42,97267	6,127171	6
		4 días	45,06650	9,761586	8
		8 días	10,57838	4,632368	8
		12 días	15,28100	11,456038	8
		Total	27,50810	17,921154	30

**Anexo 14 Pruebas Post hoc para el tipo de empaque de zapallo mínimamente procesado en julianas en condiciones de almacenamiento**

Firmeza					
	Empaque	N	Subconjunto		
			1	2	3
DHS de Tukey <sup>a,b,c</sup>	Film	12	16,60858		

	Domo	12		22,94725	
	Control	6			35,95400
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 1,151.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000
- Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- Alfa = ,05.

#### Adhesividad

	Empaque	N	Subconjunto
			1
DHS de Tukey <sup>a,b,c</sup>	Domo	12	,02783
	Film	12	,05725
	Control	6	,08700
	Sig.		,197

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,005.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000
- Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- Alfa = ,05.

#### Cohesividad

	Empaque	N	Subconjunto	
			1	2
DHS de Tukey <sup>a,b,c</sup>	Domo	12	,20792	
	Film	12	,25900	,25900
	Control	6		,30333
	Sig.		,253	,350

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,004.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

Elasticidad			
	Empaque	N	Subconjunto
			1
DHS de Tukey <sup>a,b</sup>	Control	6	4,11067
	Film	12	5,06692
	Domo	12	6,32092
	Sig.		,058

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 3,724.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = ,05.

Gomosidad				
	Empaque	N	Subconjunto	
			1	2
DHS de Tukey <sup>a,b,c</sup>	Domo	12	4,43325	
	Film	12	4,51550	
	Control	6		10,87683
	Sig.		,993	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 2,293.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

- b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- c. Alfa = ,05.

Masticabilidad				
	Empaque	N	Subconjunto	
			1	2
DHS de Tukey <sup>a,b,c</sup>	Film	12	22,90325	
	Domo	12	24,38067	
	Control	6		42,97267
	Sig.		,878	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 41,293.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000
- b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- c. Alfa = ,05.

#### Anexo 15 Pruebas Post hoc para el análisis de perfil de textura APT para la variable tiempo en zapallo mínimamente procesado almacenado

Firmeza						
	tiempo	N	Subconjunto			
			1	2	3	4
DHS de Tukey <sup>a,b,c</sup>	12 días	8	8,03675			
	8 días	8		19,26013		
	4 días	8			32,03688	
	Control	6				35,95400
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 1,151.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 7,385

- b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- c. Alfa = ,05.

Adhesividad			
	tiempo	N	Subconjunto
			1
DHS de Tukey <sup>a,b,c</sup>	12 días	8	,02625
	4 días	8	,03113
	8 días	8	,07025
	Control	6	,08700
	Sig.		,367

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,005.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 7,385
- b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- c. Alfa = ,05.

Cohesividad				
	tiempo	N	Subconjunto	
			1	2
DHS de Tukey <sup>a,b,c</sup>	8 días	8	,12600	
	4 días	8		,28450
	12 días	8		,28988
	Control	6		,30333
	Sig.		1,000	,947

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,004.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 7,385

- b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- c. Alfa = ,05.

Elasticidad			
	tiempo	N	Subconjunto
			1
DHS de Tukey <sup>a,b</sup>	Control	6	4,11067
	4 días	8	5,25750
	8 días	8	5,76713
	12 días	8	6,05712
	Sig.		,240

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 3,724.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 7,385

b. Alfa = ,05.

Gomosidad				
	tiempo	N	Subconjunto	
			1	2
DHS de Tukey <sup>a,b,c</sup>	8 días	8	2,03475	
	12 días	8	2,34563	
	4 días	8		9,04275
	Control	6		10,87683
	Sig.		,979	,121

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 2,293.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 7,385

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

Masticabilidad				
	tiempo	N	Subconjunto	
			1	2
DHS de Tukey <sup>a,b,c</sup>	8 días	8	10,57838	
	12 días	8	15,28100	
	Control	6		42,97267
	4 días	8		45,06650
	Sig.		,508	,923

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 41,293.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 7,385

b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.

c. Alfa = ,05.

## Anexos – Productos Académicos

### Anexo 16 Poster

Evaluación del Color del Zapallo (*Cucúrbita Moschata* D.) Durante El Almacenamiento, IICTA 2018, Cali (Colombia).

# Referencias

- Abdullah, M. Z., Guan, L. C., Lim, K. C., & Karim, A. A. (2004). The applications of computer vision and tomo-graphic radar imaging for assessing physical properties of food. *Journal of Food Engineering*, 61, 125-135.
- Achipiz, S. M., Castillo, A. E., Mosquera, S. A., Hoyos, J. L., & Navia, D. P. (2013). Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajava*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2, 92-100.
- Africano, K. L., Almanza-Merchán, P. J., & Balaguera-López, H. E. (2015). Physiology and biochemistry of peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] fruit maturation. A review. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 161-172.
- AGRONEGOCIOS. (27 de Marzo de 2018). En El Sector Agrícola Se Pierden 6 Millones De Toneladas De Alimentos Al Año. Colombia: LA REPUBLICA.
- Agronet. (14 de Julio de 2017). *MinAgricultura*. Obtenido de <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>
- Agronet. (2018). *Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural*. Obtenido de <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>
- Aguayo, E., Allende, A., & Artés, f. (2003). Keeping quality and safety of minimally fresh processed melon. *European Food Research and technology*, 216, 494-499.
- Aguilar, L. C. (2016). *Producción de harina de calabaza (Cucúrbita moschata), para la elaboración de un pan dulce con cualidades nutritivas y propiedades funcionales*, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Aguilar-Gutiérrez, F., Zazueta-Morales, J. J., & Camacho-Hernández, I. L. (2009). Caracterización Química, Física, Funcional y Nutrimental de la Calabaza Cehualca (*Cucurbita moschata* D.) cv Cehualca Integral. *Tesis de maestría. Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa*. Sinaloa, México.
- Ahvenainen, R. (1996). New approaches in improving shelf-life of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 7, 179-187.
- Allende, A., & Artés, F. (2003). Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging treatments for reducing microbial growth of fresh processed lettuce. *LWT - Food Science and Technology*, 36(8), 779-786.
- Allende, A., Aguayo, E., & Artés, F. (2004). Quality of commercial fresh processed red lettuce throughout the production chain and shelf life. *International Journal of Food Microbiology*, 91, 109-117.



- Allende, A., Luo, Y., McEvoy, J. L., Artés, F., & Wang, C. Y. (2004). Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 33(1), 51-59.
- Alves, J. A., Boas, E. V., Boas, B. M., & Souza, É. C. (2010). Qualidade de produto minimamente processado à base de abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(3), 625-634.
- Alves, J. A., Boas, E. V., Souza, E. C., Boas, B. M., & Piccoli, R. H. (2010). Vida útil de produto minimamente processado composto por abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(1), 182-189.
- Amarante, C. N., & Banks, H. (2001). Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables. *Horticultural Review*, 26, 261-238.
- Andón-Sánchez, N., Jáuregui, R. N., & Wessel-Beaver, L. (2016). Quality and microbiological changes in minimally processed tropical pumpkin packed in low-density polyethylene bag. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 100(2), 203-220.
- Artés, F., & Allende, A. (2014). Chapter 31 -Minimal Processing of Fresh Fruit, Vegetables, and Juices. En D.-W. Sun (Ed.), *In Emerging Technologies for Food Processing (Second Edition)* (págs. 583-597). San Diego: Academic Press.
- Artés-Hernández, F., Gómez, P., Aguayo, E., & Artés, F. (2010). Technological innovations to preserve quality and safety of fresh-cut horticultural products. 192-200. (C. Nunes, Ed.) Univ. do Algarve, Faro, Portugal.
- Ayala-Zavala, J., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., Villa-Rodríguez, J., Siddiqui, M. W., . . . González-Aguilar, G. (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. (Elsevier, Ed.) *Food Research International*, 44(7), 1866-1874.
- Ayala-Zavala, J., Wang, S., Wang, C., & González-Aguilar, G. (2004). Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *LWT - Food Science and Technology*, 37(7), 687-695.
- Azevedo-Meleiro, C. H., & Rodríguez-Amaya, D. B. (2007). Quantitative and qualitative differences in carotenoids composition among *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima* and *Cucurbita pepo*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 4027-4033.
- Azizah, A. H., Wee, K. C., Azizah, O., & Azizah, M. (2009). Effect of boiling and stir frying on total phenolics, carotenoids and radical scavenging activity of pumpkin (*Cucurbita moschata*). *International Food Research Journal*, 16, 45-51.
- Badui, S. (2006). Química de los alimentos. 4a, 715. México: Pearson Educación.

- Bansal, V., Siddiqui, M. W., & Rahman, M. S. (2015). Minimally Processed Foods: Overview. En M. W. Siddiqui, & M. S. Rahman (Edits.), *Minimally Processed Foods* (págs. 1-16). New York: Springer.
- Beuchat, L. R. (2000). Use of sanitizers in raw fruit and vegetable processing. En *Minimally processed fruits and vegetables: fundamental aspects and applications* (Alzamora, S M; Tapia, M S; Lopez-Malo, A ed.). Aspen Publ.
- Bisognin, D. L. (2002). Origin and evolution of cultivated cucurbits. *Ciencia Rural*, 32(5), 715–723.
- Blanco-Díaz, M. T., Pérez-Vicente, A., & Font, R. (2016). Quality of Fresh Cut Zucchini as Affected by Cultivar, Maturity at Processing and Packaging. *Packaging Technology and Science*, 29, 365–382.
- Boas, B. M., Alves, J. A., & Boas, E. V. (2011). Efeito do tipo de corte na qualidade de abobrinha 'Menina Brasileira' minimamente processada. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1178-1185.
- Boiteux, L. S., Nascimento, W. M., Fonseca, M. E., Lana, M. M., Reis, A., Mendonça, J. L., . . . Reifschneider, F. J. (2007). 'Brasileirinha': an ornamental bicolor squash (*Cucurbita moschata*) cultivar for immature fruit consumption. *Horticultura Brasileira*, 25(1), 103–106.
- Brecht JK, C. K. (2003). Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. *Postharvest Biology & Technology*, 27, 87–101.
- Burns, J. K. (1995). Lightly processed fruits and vegetables: Introduction to the colloquium. *HortScience*, 30(1), 14.
- Caili, F., Haijun, T., Tongyi, C., Yi, L., & Quanhong, L. (2007). Some properties of an acidic protein-bound polysaccharide from the fruit of pumpkin. *Food Chemistry*, 100(3), 944-947.
- Carvalho, L. M., Smiderle, L. d., Carvalho, J. L., Cardoso, F. d., & Koblitiz, M. G. (2014). Assessment of carotenoids in pumpkins after different home cooking conditions. *Food Science and Technology*, 34(2), 365-370.
- Carvalho, L., Gomes, P., Godoy, R. d., Pacheco, S., Monte, P. F., Carvalho, J. V., . . . Ramos, S. R. (2012). Total carotenoid content,  $\alpha$ -carotene and  $\beta$ -carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): A preliminary study. *Food Research International*, 47(2), 337–340.
- Castellano, G., Quijada, O., Ramírez, R., & Sayago, E. (2005). Comportamiento poscosecha de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) tratados con cloruro de calcio y agua caliente a dos temperaturas de almacenamiento. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 6(2), 78-82.

- Castro, L. A. (2013). Utilización del zapallo (Cucurbita máxima y Cucurbita pepo) en la elaboración de compotas, Quevedo— Los Ríos (Tesis Ingeniería en Industrias pecuarias). Universidad Técnica Estatal De Quevedo, Quevedo, Ecuador.
- Chong, C. H., Figiel, A., Law, C. L., & Wojdyło, A. (2014). Combined drying of apple cubes by using of heat pump, vacuum-microwave, and intermittent techniques. *Food and Bioprocess Technology*, 7(4), 975-989.
- Cieslik, E., Greda, A., & Adamus, W. (2006). Contents of polyphenols in fruit and vegetables. *Food Chemistry*, 94, 135–142.
- Ciurzyńska, A., Lenart, A., & Gręda, K. J. (2014). Effect of pre-treatment conditions on content and activity of water and colour of freeze-dried pumpkin. *LWT - Food Science and Technology*, 59(2), 1075-1081.
- Cortez-Vega, W. R., Brose Piotrowicz, I. B., Prentice, C., & Dellenghausen Borges, C. (2014). Influence of different edible coatings in minimally processed pumpkin (Cucurbita moschata Duch). *International Food Research Journal*, 21(5), 2017-2023.
- Criollo, H., Cardozo, C., & Guevara, C. (1999). Determinación de la madurez fisiológica y potencial de almacenamiento de semillas de zapallo cucurbita moschata (duch. ex lam.) duch. ex poir), variedad "bolo verde". *Acta Agronómica*, 49(3 y 4), 24-30.
- Cuastumal, H. G., Valencia, B. L., & Ordóñez, L. E. (2016). Efectos de los tratamientos térmicos en la concentración de vitamina C y color superficial en tres frutas tropicales. *Revista Lasallista de Investigación*, 13(1), 85-93.
- Curet, S., Rouaud, O., & Boillereaux, L. (2014). Estimation of dielectric properties of food materials during microwave tempering and heating. *Food and Bioprocess Technology*, 7(2), 371-384.
- Darrudi, R., Nazeri, V., Soltani, F., Shokrpour, M., & Ercolano, M. R. (2018). Genetic diversity of Cucurbita pepo L. and Cucurbita moschata Duchesne accessions using fruit and seed quantitative traits. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 8, 60-66.
- Dawange, S. P., Dash, S. K., Bal, L. M., & Panda, M. K. (2016). Quality of minimally processed carrots in perforation-mediated modified-atmosphere packaging (PM-MAP). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(4), 746-754.
- De Belie, N., Schotte, S., Coucke, P., & De Baerdema, J. (2000). Development of an automated monitoring device to quantify changes in firmness of apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 18, 1-8.
- De Escala, M. F., Campos, C. A., Gerschenson, L. N., & Rojas, A. M. (2009). Pumpkin (Cucurbita moschata Duchesne ex Poir) mesocarp tissue as a food matrix for supplying iron in a food product. *Journal of Food Engineering*, 92, 361–369.

- De Escalada Pla, M. F., Ponce, N. M., Stortz, C. A., Gerschenson, L. N., & Rojas, A. M. (2007). Composition and functional properties of enriched fiber products obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata*). *LWT-Food Science and Technology*, 40, 1176-1185.
- Della G, P., & Rodríguez, R. A. (2013). El Género Cucurbita. En *Manual del cultivo del zapallo anquito (Cucurbita moschata Duch.)* (págs. 9-24). Mendoza: Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal, V., Clementz, A., & Pranzetti, V. (2010). El Color En Los Alimentos: Determinación de color en mieles. *Invenio*, 13(25), 145-152.
- Departamento Nacional de Planeación (DPN). (2018). Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/DNPN/Paginas/default.aspx>
- Devlieghere, F., Vermeulen, A., & Debevere, J. (2004). Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*, 21(6), 703-714.
- Doymaz, I. (2007). The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *Journal of Food Engineering*, 79(1), 243–248.
- Durigan, M. F., & Mattiuz, B.-H. (2007). Efeito de injúrias mecânicas na qualidade de abobrinhas armazenadas em condição ambiente. *Horticultura Brasileira*, 25(2), 291-295.
- Dutta, D., Dutta, A., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2006). Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of beta-carotene in pumpkin puree. *Journal of Food Engineering*, 76(4), 538–546.
- Emmambux, N. M., & Minnaar, A. (2003). The effect of edible coatings and polymeric packaging films on the quality of minimally processed carrots. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(10), 1065–1071.
- Escobar-Hernández, A., Márquez- Cardozo, C. J., Restrepo-Florez, C. E., & Pérez-Cordoba, L. J. (2014). Aplicación de Tecnología de Barreras para la Conservación de Mezclas de Vegetales Mínimamente Procesados. *Facultad de Ciencias Agrarias – Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos*.
- Espitia Camacho, M., Vallejo Cabrera, F. A., & Baena García, D. (2004). Correlaciones fenotípicas, genéticas y ambientales en *Cucurbita moschata* Duch. ex Poir. *Acta Agronómica*, 54(1), 1-9.
- Estrada, E. I. (2001). *El cultivo del Zapallo o Ahuyama en Colombia*. Recuperado el 2016, de <http://bdigital.unal.edu.co/46203/2/9588095239.PDF>
- FAO. (23 de Abril de 2003). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Obtenido de <http://www.fao.org/spanish/newsroom/news/2003/16851-es.html>

- FAOSTART. (2018). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Farag, K., Lyng, J., Morgan, D., & Cronin, D. (2009). Effect of low temperatures (18 to +5 degrees C) on the texture of beef lean. *Meat Science*, 81, 249–254.
- FDA/CFSAN. (October de 1998). *Guidance for Industry: Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards of Fresh-Cut Fruits and Vegetables*. Recuperado el 2018, de US Food and Drug Administration: <https://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/UCM169112.pdf>
- Franco, W., Cuastumal, H. G., & Ordóñez, L. E. (2014). Efecto del Microondas en Concentración de Ácido Ascórbico y Color Superfi cial de Algunos Vegetales Durante la Cocción. *Facultad Nacional de Agronomía*, 67(2), 31-33.
- Fraser, H. (1991). Forced-Air Cooling Systems for Fresh Ontario Fruits and Vegetables. *AGDEX 202/736, Ontario Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs*, 1-12. Ontario, Toronto.
- García, A. D. (2006). Caracterización física y química de duraznos (*Prunus persica* L. Batsch) y efectividad de la refrigeración comercial en frutos acondicionados. *BioAgro*, 18(2), 115-121.
- García-Mera, G. A., Salas-Macías, C. A., & Canales-Torres, H. G. (2017). Recubrimiento comestible natural con base en Aloe vera como estrategia de conservación de Psidium guajava. *Revista Científica*, 3(30), 224-236.
- Gautam, S., Variyar, P. S., & Sharma, A. K. (2015). Quality and Safety Aspects of Vegetables. En Y. H. Hui, & E. Ö. Evranuz, *Handbook of Vegetable Preservation and Processing* (2nd ed., págs. 925-954). New York: C R C Press Taylor & Francis Group.
- Gilbert, L. C. (2000). The functional food trend: what's next and what American think about eggs. *The Journal of the American College of Nutrition*, 19, 507–512.
- Giovannucci, E. (2011). Serum lycopene and prostate cancer progression: a re-consideration of findings from the prostate cancer prevention trial. *Cancer Causes Control*, 22(7), 1055-1059.
- Giraldo Naranjo, L., & Henao Sandoval, J. (1986). *Calabaza; cultivos alimenticios; hortalizas; manejo del cultivo; huertos familiares; capacitación*. Recuperado el 2018, de Biblioteca Agropecuaria de Colombia, (BAC): <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=014273>
- Goddard, J., Panhorst Harris, K., Kelly, A., Cullen, A., Reynolds, T., & Anderson, L. (2015). Root, Tuber, and Banana Textural Traits A Review of the Available Food

Science and Consumer Preferences Literature. *Evans School Policy Analysis and Research (EPAR)*, 1-62.

- Gómez-López, V. M., Devlieghere, F., Bonduelle, V., & Debevere, J. (2005). Intense light pulses decontamination of minimally processed vegetables and their shelf-life. *International Journal of Food Microbiology*, 103(1), 79-89.
- Gonçalves, E. M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandão, T. R., & Silva, C. L. (2007). Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) during blanching. *Journal of Food Engineering*, 81, 693–701.
- González-Aguilar, G., Villa-Rodriguez, J., Ayala-Zavala, J., & Yahia, E. (2010). Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments. *Trends in Food Science and Technology*, 21, 475–482.
- Gross, J. (1987). *Pigments in Fruits*. Academic Press.
- Gross, J. (1991). *Pigments in Vegetables: Chlorophylls and Carotenoids*. (Springer, Ed.) New York, US: Avi: Van Nostrand Reinhold.
- Gross, K. C., Wang, C. Y., & Saltveit, M. E. (Edits.). (2016). *USDA Handbook 66: The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. Recuperado el 23 de septiembre de 2018, de U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service: <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/oc/np/CommercialStorage/CommercialStorage.pdf>
- Guiné, R. P., Henriques, F., & Barroca, M. J. (2012). Mass Transfer Coefficients for the Drying of Pumpkin (*Cucurbita moschata*) and Dried Product Quality. *Food bioprocess technology*, 5(1), 176–183.
- Guiné, R., & Barroca, M. J. (2012). Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing*, 90(1), 58-63.
- Habibunnisa, Baskaran, R., Prasad, R., & Shivaiah, K. M. (2001). Storage behaviour of minimally processed pumpkin (*Cucurbita maxima*) under modified atmosphere packaging conditions. *European Food Research and Technology*, 212(2), 165–169.
- Hart, D., & Scott, J. (1995). Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chemistry*, 54, 101-111.

- Hui, Y. H., Evranuz, E. Ö., Bingöl, G., Erten, H., & Jaramillo-Flores, M. E. (2015). *Handbook of Vegetable Preservation and Processing*. Boca Raton, Florida: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Hurst, W. C. (1995). Disinfection methods: A comparison of chlorine dioxide, ozone and ultraviolet light alternatives. *Cutting Edgen Produce Association*, 9, 4-5.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. (2016). Recuperado el 19 de Septiembre de 2018, de Un tercio de los alimentos producidos en el mundo se desperdicia: <http://www.iica.int/es/prensa/noticias/un-tercio-de-los-alimentos-producidos-en-el-mundo-se-desperdicia>
- International Organization for Standardization. (1993). ISO 11289, Heat-processed foods in hermetically sealed containers - Determination of pH. 4. Geneva.
- Jacobo-Valenzuela, N., Maróstica-Junior, M. R., Zazueta-Morales, J. d., & Gallegos-Infante, J. A. (2011). Physicochemical, technological properties, and health-benefits of Cucurbita moschata Duchense vs. Cehualca: A Review. *Food Research International*, 44, 2587-2593.
- Japon Q, J. (1981). *Cultivo de calabaza*. Ministerio de Agricultura.
- Jun, H., Lee, C. H., Song, G. S., & Kim, Y. S. (2006). Characterization of the pectic polysaccharides from pumpkin peel. *LWT - Food Science and Technology*, 39(5), 554–561.
- Kates, H. R., Soltis, P. S., & Soltis, D. E. (2017). Evolutionary and domestication history of Cucurbita (pumpkin and squash) species inferred from 44 nuclear loci. *Molecular phylogenetics and Evolution*, 111, 98-109.
- Kaushik, N., Kaur, B. P., Rao, P. S., & Mishra, H. N. (2014). Effect of high pressure processing on color, biochemical and microbiological characteristics of mango pulp (Mangifera indica cv. Amrapali). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 22, 40-50.
- Koh, P. C., Noranizan, M. A., Nur Hanani, Z. A., Karim, R., & Rosli, S. Z. (2017). Application of edible coatings and repetitive pulsed light for shelf life extension of fresh-cut cantaloupe (Cucumis melo L. reticulatus cv. Glamour). *Postharvest Biology and Technology*, 129, 64-78.
- Kulkarni, A. S., & Joshi, D. C. (2013). Studies on Selected Physico-Chemical Properties of Pumpkin. *Agricultural Research Communication Centre*, 32(2), 126-129.
- Kurz, C., Carle, R., & Schieber, A. (2008). HPLC-DAD-MSn characterisation of carotenoids from apricots and pumpkins for the evaluation of fruit product authenticity. *Food Chemistry*, 110, 522–530.

- Lee, S. K., & Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3), 207-220.
- Lidebjer, C., Leanderson, P., Ernerudh, J., & Jonasson, L. (2007). Low plasma levels of oxygenated carotenoids in patients with coronary artery disease. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 17(6), 448-456.
- López Mejía, N., Andrade M, M., & Martínez C, H. A. (2016). Harina de zapallo: caracterización y uso como ingrediente funcional en el desarrollo de espagueti. *Agronomía Colombiana Suplemento*, 1, 100-103.
- Loy, J. B. (2004). Morpho–physiological aspects of productivity and quality in squash and pumpkins (*Cucurbita* spp.). *Critical Reviews in Plant Sciences*, 23, 337-363.
- Martínez Anaya, M. M., & Quintero Pechene, J. C. (Septiembre, 2017). Estado actual de los desperdicios de frutas y verduras en Colombia. En D. Murillo (Ed.), *4to Congreso Internacional AmITIC 2017*, (págs. 195-201). Popayan.
- Martínez, V., Nieto, A. V., & Alzamora, S. V. (2005). Viscoelastic behaviour of melon tissue influenced by blanching and osmotic dehydration. *Journal of Food Science*, 70(1), 12-18.
- Martínez-Girón, J., Rodríguez-Rodríguez, X., Pinzón-Zárate, L. X., & Ordóñez-Santos, L. E. (2017). Caracterización fisicoquímica de harina de residuos del fruto de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth, Arecaceae) obtenida por secado convectivo. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 599-613.
- Maynard, D. N., Carle, B. R., & Elmstrom, G. W. (2001). Development of short-vines tropical pumpkins. *Proc Interamer Soc Trop Hort*, 44, 1-4.
- Mena, P., Martí, N., Saura, D., Valero, M., & García-Viguera, C. (2013). Combinatory effect of thermal treatment and blending on the quality of pomegranate juices. *Food Bioprocess Technolog*, 6, 3186–3199.
- Meyer, M. R., & Gactano, D. (2010). Elaboración de frutas y hortalizas. *Manuales para educación agropecuaria*. Trillas.
- Mínguez-Mosquera, M. I., Hornero-Méndez, D., & Pérez-Gálvez, A. (2008). Carotenoids and Provitamin A in Functional Foods. En W. J. Hurst, *Methods of Analysis for Functional Foods and Nutraceuticals* (pág. 60). Boca Raton: C R C Press.
- Mohammadi, A., Hashemi, M., & Hosseini, S. M. (2016). Postharvest treatment of nanochitosan-based coating loaded with *Zataria multiflora* essential oil improves antioxidant activity and extends shelf-life of cucumber. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 33, 580-588.



- Montes, C., Vallejo, F., & Baena, D. (2004). Diversidad genética de germoplasma colombiano de zapallo (*Cucurbita moschata* Dúchesne Exp. Prior). *Acta Agronómica*, 53(3), 43-50.
- Moreno, D., Cruz, W., García, E., Ibañez, A., Barrios, J. M., & Barrios, B. (2013). Cambios fisicoquímicos poscosecha en tres cultivares de pepino con y sin película plástica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(6), 909-920.
- Mosqueda-Cano, G., & Gutiérrez-Corona, J. F. (1995). Environmental and developmental regulation of carotenogenesis in the dimorphic fungus *Mucor rouxii*. *Current Microbiology*, 31(3), 141-145.
- Murkovic, M., Mülleder, U., & Neunteufl, H. (2002). Carotenoid content in different varieties of pumpkins. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15, 633–638.
- Muzzaffar, S., Baba, W. N., Nazir, N., Masoodi, F., Bhat, M. M., & Bazaz, R. (2016). Effect of storage on physicochemical, microbial and antioxidant properties of pumpkin (*Cucurbita moschata*) candy. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1-13.
- National Centers for Environmental Information (NOAA). (Mayo de 2018). Obtenido de <https://www.ncdc.noaa.gov/>
- Nawirska-Olszanska, A., Biesiada, A., Sokół-Łetowska, A., & Kucharska, A. Z. (2014). Characteristics of organic acids in the fruit of different pumpkin species. *Food Chemistry*, 148, 415–419.
- Nee, M. (1990). *The domestication of Cucurbita (Cucurbitaceae)*. Economic Botany.
- Nguyen-the, C., & Carlin, F. (1994). The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 34(4), 371-401.
- Nishino, H., Murakoshi, M., Li, T., Takemura, M., Kuchide, M., Kanazawa, M., . . . Jinno, K. (2002). Carotenoids in cancer chemoprevention. *Cancer and Metastasis Reviews*, 21(3), 257-264.
- Norma Técnica Colombiana NTC 6005*. (2013). Recuperado el 2018, de Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) : <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC6005.pdf>
- Noseworthy, J., & Loy, B. (21-24 de Mayo de 2008). Improving eating quality and carotenoid content of squash. En M. Pitrat (Ed.), *IX th EUCARPIA meeting on genetics and breeding* (págs. 521-528). Avignon, París: INRA.
- Obrero, Á., González-Verdejo, C. I., Die, J. V., Gómez, P., Río-Celestino, M. D., & Román, B. (2013). Carotenogenic gene expression and carotenoid accumulation in three varieties of cucurbita pepo during fruit development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(26), 6393–6403.

- O'Donnell, C. P., Tiwari, B. K., Bourke, P., & Cullen, P. J. (2010). Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. *Trends in Food Science & Technology*, 21(7), 358-367.
- Official Methods of Analysis. (1990). AOAC Internacional. (16th, Ed.) Virginia , USA: sec 932.12.
- Official Methods of Analysis. (1990). AOAC International. Gaithersburg, MD, USA: sec 981.12.
- Official Methods of Analysis. (1990). AOAC International. 18<sup>a</sup> ed. MA, USA: sec 942.05. Obtenido de . 15th Ed., Arlington, Virginia, USA.
- Official Methods of Analysis. (1995). AOAC INTERNATIONAL. (16th, Ed.) Arlington, VA, USA: sec. 934.01.
- Official methods of analysis. (2005). AOAC International. (18th, Ed.) Gaithersburg, MA, USA: sec 920.43.
- Olsmats, C., & Wallteg, B. (2009). *Packaging is the answer to world hunger*. Naperville, Illinois, EE.UU: Organización Mundial del Embalaje y, Singapur, Organización Internacional de Prensa de Embalaje (IPPO). Obtenido de Organización Mundial del Embalaje y, Singapur, Organización Internacional de Prensa de Embalaje (IPPO): [http://www.worldpackaging.org/i4a/doclibrary/getfile.cfm?doc\\_id=12](http://www.worldpackaging.org/i4a/doclibrary/getfile.cfm?doc_id=12)
- Ordóñez-Santos, L. E., & Ledezma-Realpe, D. P. (2013). Lycopene concentration and physico-chemical properties of tropical fruits. *Food and Nutrition Sciences*, 4(7), 758-762.
- Ordóñez-Santos, L. E., & Ledezma-Realpe, D. P. (2013). Lycopene Concentration and Physico-Chemical Properties of Tropical Fruits. *Food and Nutrition Sciences*, 4, 758-762.
- Ordóñez-Santos, L. E., Martínez-Girón, J., & Arias-Jaramillo, M. E. (2017). Effect of ultrasound treatment on visual color, vitamin C, total phenols, and carotenoids content in Cape gooseberry juice. *Food Chemistry*, 233 , 96–100.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2011). *Soluciones Apropriadas para el Envasado de Alimentos en los Paises en Desarrollo*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3684s.pdf>
- Ortiz, G. S. (2006). *Estudio de la heterosis y habilidad combinatoria en caracteres relacionados con la caldiad del fruto de zapallo Cucúrbita moschata Duch., para fines agroindustriales*. Proyecto de Tesis Doctoral Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Colombia.

- Osganian, S. K., Stampfer, M. J., Rimm, E., Spiegelman, D., Manson, J. E., & Willett, W. C. (2003). Dietary carotenoids and risk of coronary artery disease in women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77(6), 1390-1399.
- Pasha, I., Saeed, F., Sultan, M., Khan, M., & Rohi, M. (2014). Recent developments in minimal processing: a tool to retain nutritional quality of food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54, 340-351.
- Provesi, J. G., & Amante, E. R. (2015). Chapter 9 - Carotenoids in Pumpkin and Impact of Processing Treatments and Storage. En V. Preedy, *Processing and Impact on Active Components in Food* (págs. 71–80). San Diego: Academic Press.
- Ragaert, P., Devlieghere, F., & Debevere, J. (2007). Role of microbiological and physiological spoilage mechanisms during storage of minimally processed vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 44(3), 185–194.
- Ragaert, P., Verbeke, W., Devlieghere, F., & Debevere, J. (2004). Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. *Food Quality and Preference*, 15(3), 259-270.
- Raju, P. S., Chauhan, O. P., & Bawa, A. S. (2018). Postharvest Handling Systems and Storage of Vegetables. En M. Siddiq, & M. A. Uebersax, *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing* (2 th ed., págs. 247-264). Wiley Online Library.
- Rangel-Marrón, M., & López-Malo, A. (2012). Cambios en frutas tropicales frescas, cortadas y empacadas en atmósfera modificada durante su almacenamiento en refrigeración. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6(2), 94-109.
- Ranjitha, K., Sudhakar, D. V., Shivashankara, K. S., Oberoi, H. S., Roy, T. K., & Bharathamma, H. (2017). Shelf-life extension and quality retention in fresh-cut carrots coated with pectin. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 42, 91-100.
- Rao, A., & Rao, L. (2007). Carotenoids and human health. *Pharmaceutical Research*, 55, 207–216.
- Rao, C. (2015). Engineering for Storage of Fruits and Vegetables: Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage. *Academic Press*, 859.
- Restrepo, M. P., Grisales, S. O., Cabrera, F. A., & García, D. B. (2012). Estabilidad fenotípica de caracteres asociados con la calidad del fruto de Cucúrbita moschata Duch. *Horticultura Brasileira*, 30, S4851-S4862.
- Robles-Sánchez, R. M., Rojas-Grau, M., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G. A., & Martín-Belloso, O. (2009). Effect of minimally processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut 'Kent' mango (*Mangifera indica* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 51 (3), 384-390.

- Rodríguez-Amaya, D. B. (1993). *Nature and distribution of carotenoids in foods*. In: Charalambous, G (Elsevier Science Publishers ed.). Amsterdam: Chemical, Biological, Physical and Nutritional Aspects.
- Rodríguez-Amaya, D. B. (1997). Carotenoids and Food Preparation: The Retention of Provitamin A Carotenoids in Prepared, Processed, and Stored Foods. Obtenido de [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/Pnacb907.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacb907.pdf)
- Rodríguez-Amaya, D. B. (2001). A guide to carotenoid analysis and foods. (pág. 63). Washington: International Life Sciences Institute (ILSI).
- Rodríguez-Amaya, D. B., Kimura, M., Godoy, H. T., & Amaya-Farfan, J. (2008). Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(6), 445– 463.
- Roopa, N., Chauhan, O. P., Madhukar, N., Ravi, N., Kumar, S., Raju, P. S., & Dasgupta, D. K. (2015). Minimal processing and passive modified atmosphere packaging of bread fruit (*Artocarpus altilis*) sticks for shelf life extension at refrigerated temperature. *Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 7479–7485.
- Roura, S. I., Moreira, M. d., & Valle, C. E. (2004). Shelf-Life of Fresh-Like Ready to Use Disc Squash. *Journal of Food Quality*, 27, 91-101.
- Russo, V. C., Daiuto, É. R., Santos, B. L., Lozano, M. G., Vieites, R. L., & Vieira, M. R. (2012). Quality of fresh-cut squash stored in active modified atmosphere. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(3), 1071-1084.
- Salinas–Hernández, R. M., Pirovani, M. É., Gardea–Béjar, A. A., & González–Aguilar, G. A. (2010). Cambios fisicoquímicos y sensoriales limitantes de la vida de anaquel de mango fresco cortado. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(3), 215-223.
- Salvador, A., Varela, P., & Fiszman, S. M. (2007). Consumer acceptability and shelf life of “Flor de invierno” pears (*Pyrus communis* L.) under different storage conditions. *Journal of Sensory Studies*, 22, 243-255.
- Sapers, G. M. (2009). Disinfection of contaminated produce with conventional washing and sanitizing technology. En G. M. Sapers, E. B. Solomon, & K. R. Matthews (Edits.), *The produce contamination problem causes and solutions* (págs. 393–414). Ney York: Academic.
- Sartori, A. G., & Silva, M. V. (2014). Main food sources of carotenoids, according to the purpose and degree of processing, for beneficiaries of the ‘Bolsa Família’ in Brazil. *Food Science and Technology*, 34(2), 408-415.
- Sarzi, B. (2002). Conservation of minimally processed pineapple and papaya: association with the preparation, packaging and temperature storage. *MSc thesis*. São Paulo: State University Paulista. College of Agricultural Sciences and Veterinary.

- Sasaki, F. F. (2005). Processamento mínimo de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.): alterações fisiológicas, qualitativas e microbiológicas. *Tesis de maestría*. Piracicaba, Brasil.
- Sasaki, F. F., Aguila, J. S., Gallo, C. R., Jacomino, A. P., & Kluge, R. A. (2014). Physiological, Qualitative and Microbiological Changes of Minimally Processed Squash Stored at Different Temperatures. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 15(2), 210-220.
- Sasaki, F. F., Aguila, J. S., Gallo, C. R., Ortega, E. M., Jacomino, A. P., & Kluge, R. A. (2006). Physiological, qualitative and microbiological changes in minimally processed squash submitted to different cut types. *Horticulture Brazilian*, 24(2), 170-174.
- Ščetar, M., Kurek, M., & Galić, K. (2010). Trends in Fruit and Vegetable Packaging – a Review. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, 5 (3-4), 69-86.
- Sgroppo, S. C., & Sosa, C. A. (2009). Zapallo anco (*Cucurbita moschata*, D.) fresco cortado tratado con luz uv-c. *FACENA*, 25, 7-19.
- Sharma, S., & Rao, T. V. (2013). Nutritional quality characteristics of pumpkin fruit as revealed by its biochemical analysis. *International Food Research Journal*, 20, 2309–2316.
- Sharma, S., Dhaliwal, Y., & Kalia, M. (1998). Candied apples: a new perspective. *Journal of Food Science and Technology*, 35(1), 79-82.
- Shi, X., Wu, H., Shi, J., Xue, S. J., Wang, D., Wang, W., . . . Wang, C. (2013). Effect of modifier on the composition and antioxidant activity of carotenoid extracts from pumpkin (*Cucurbita maxima*) by supercritical CO<sub>2</sub>. *LWT - Food Science and Technology*, 51(2), 433–440.
- Silva, A. V., Oliveira, D. S., Yagui, P., Carnelossi, M. A., Muniz, E. N., & Narain, N. (2009). Temperature and packaging of minimally processed pumpkin (*Cucurbita moschata*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(2), 391-394.
- Silva, E. d., Carnelossi, M. A., Soares, N. d., Vanetti, M. C., Puschmann, R., Fernandes, A. R., & Silva, C. A. (2002). Processamento Mínimo de Hortalças. 5. (Viçosa, Ed.)
- Silva, R. J., Denoya, G. I., Languasco, J. M., & Della, P. A. (2013). Evaluación de los parámetros de color y textura del zapallo anco (*Cucurbita moschata*, D.) sometidos a diferentes tratamientos de deshidratación osmótica. *Revista Proyecciones*, 11(1), 69-80.
- Singh, V., Guizani, N., Al-Alawi, A., Claereboudt, M., & Rahman, M. S. (2013). Instrumental texture profile analysis (TPA) of date fruits as a function of its physico-chemical properties. *Industrial Crops and Products*, 50, 866-873.

- Stacewicz-Sapuntzakis, M., & Bowen, P. E. (2005). Role of lycopene and tomato products in prostate health. *Biochimica et Biophysica Acta*, , 1740(2), 202-205.
- Ștefănoiu, G.-A., Tănase, E. E., Miteluț, A. C., & Popa, M. E. (2016). Unconventional treatments of Food: Microwave vs Radiofrequency. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10, 503-510.
- Suarez, E. A., Paz-Peña, S. P., Echeverria-Restrepo, D. C., Ruiz, K., & Mosquera-Sánchez, S. A. (2016). Efecto del sistema de producción en la maduración fisiológica de Cucurbita moschata Var Bolo Verde. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 29-37.
- Szczesniak, A. S. (1998). Sensory texture profiling historical and scientific perspectives. *Food Technology*, 52, 54-57.
- Tapia, M. R., Gutierrez-Pacheco, M. M., Vazquez-Armenta, F. J., Aguilar, G. A., Zavala, J. F., Rahman, M. S., & Siddiqui, M. W. (2015). Washing, Peeling and Cutting of Fresh-Cut Fruits and Vegetables. En M. S. Rahman, & M. W. Siddiqui (Edits.), *Minimally Processed Foods Technologies for Safety, Quality, and Convenience* (págs. 57-78). New York: Springer.
- The Wheater Channel. (2016). Obtenido de <https://weather.com/es-CO/tiempo/hoy/l/3.33,-76.35?par=google>
- Tobar T, D. E. (2009). *Evaluación y Selección de Cultivares de Zapallo Cucurbita moschata Duchesne ex Poiret con Alto Contenido de Materia Seca en Fruto para Consumo Fresco*. Maestría tesis, Colombia: Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira.
- Tomadoni, B., Cassani, L., Viacava, G., Moreira, M. D., & Ponce, A. (December de 2016). Effect of ultrasound and storage time on quality attributes of strawberry juice. *Journal of Food Process Engineering*, e12533, 1-8.
- Urías, V., Muy, D., Osuna, T., Sañudo, A., Báez, M., Valdez, B., . . . Campos, J. (2012). Estado Hídrico y ambios Anatómicos en la Calabacita (Cucurbita pepo L.) Almacenada. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(3), 221-228.
- Vallejo Cabrera, F. A., & Estrada Salazar, E. I. (2004). *Producción de hortalizas de clima cálido*. Cali, Colombia: Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira.
- Valverde, J. M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., & Serrano, M. (2005). Novel Edible Coating Based on Aloe vera Gel To Maintain Table Grape Quality and Safety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 7807–7813.
- Wang, Y.-H., Behera, T. K., & Chittaranjan, K. (2011). *Genetics, genomics and breeding of cucurbits*. Estados Unidos: CRC Press.

- Wani, A. A., Singh, P., Pant, A., & Langowski, H. C. (2015). Packaging Methods for Minimally Processed Foods. En M. W. Siddiqui, & M. S. Rahman, *Minimally Processed Foods* (págs. 35-56). New York: Springer.
- Wend, Y., & Sun, Z. (2011). Major Cucurbit Crops. En Y.-H. Wang, T. Behera, & C. Kole, *Genetics, Genomics and Breeding of Cucurbits* (págs. 1-15). CRC Press.
- Wessel-Beaver, L. (2000). Evidence for the center of diversity of *Cucurbita moschata* in Colombia. *Cucurbit genetics cooperative report*, 23, 54-55.
- Whitaker, T. W., & Bemis, W. P. (1975). Origin and evolution of the cultivated *Cucurbita*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 102(6), 362-368.
- Willocx, F. (1995). Evolution of microbial and visual quality of minimally processed foods: a case study on the product life cycle of cut endive. *pH.D. tesis, Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences*, 280, 228. Catholic University of Leuven, Leuven, Belgium.
- Wyszecki, G., & Stiles, W. S. (2000). *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae* (2nd ed.). Wiley Classics Library.
- Yanniotis, S., Petraki, A., & Soumpasi, E. (2007). Effect of pectin and wheat fibers on quality attributes of extruded cornstarch. *Journal of Food Engineering*, 80(2), 594-599.
- Yano, R., & Ezura, H. (2016). Fruit Ripening in Melon. En R. Grumet, N. Katzir, & J. Garcia-Mas, *Genetics and Genomics of Cucurbitaceae* (Vol. 20, págs. 345-375). Plant Genetics and Genomics: Crops and Models.
- Zaccari, F., Cabrera, M., & Saadoun, A. (2017). Variation in glucose,  $\alpha$ - and  $\beta$ -carotene and lutein content during storage time in winter squash "type Butternut". *Proc. V International Symposium on Cucurbits* (págs. 273-278). M.L. Gómez-Guillamón et al.
- Zhang, M. K., Zhang, M. P., Mazourek, M., Tadmor, Y., & Li, L. (2014). Regulatory control of carotenoid accumulation in winter squash during storage. *An International Journal of Plant Biology*, 240(5), 1063-1074.
- Zhou, C. L., Liu, W., Zhao, J., Yuan, C., Song, Y., Chen, D., . . . Li, Q.-H. (2014). The effect of high hydrostatic pressure on the microbiological quality and physical-chemical characteristics of Pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.) during refrigerated storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 21, 24-34.